

UNIVERSITÉ DE BORDEAUX
FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

1924-1925 — N° 159

CONTRIBUTION

A LA

CONNAISSANCE DES EAUX

DE LA RÉGION DE MARRAKECH

THÈSE POUR LE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

Mention " PHARMACIE "

présentée et soutenue publiquement le Vendredi 10 Juillet 1925

PAR

André-Pierre PARROCHE

PHARMACIEN-MAJOR DE 2^e CLASSE
CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR,
CROIX DE GUERRE

Né à SAINT-FLOUR (Cantal), le 14 janvier 1883.

Examineurs de la Thèse	{	MM. LABAT, professeur	<i>Président.</i>
		BARTHE, professeur	{ <i>Juges.</i>
		SELLIER, agrégé	
		GOLSE, agrégé	

BORDEAUX
IMPRIMERIE DE L'ACADÉMIE ET DES FACULTÉS
Y. CADORET
17, RUE POQUELIN-MOLIÈRE, 17

1925



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548625_0142

UNIVERSITE DE BORDEAUX
FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

1924-1925 — N° 159

CONTRIBUTION

A LA

CONNAISSANCE DES EAUX

DE LA RÉGION DE MARRAKECH

THÈSE POUR LE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

Mention " PHARMACIE "

présentée et soutenue publiquement le Vendredi 10 Juillet 1925

PAR

André-Pierre PARROCHE

PHARMACIEN-MAJOR DE 2^e CLASSE
CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR,
CROIX DE GUERRE

Né à SAINT-FLOUR (Cantal), le 14 janvier 1883.

Examineurs de la Thèse	{	MM. LABAT, professeur	<i>Président.</i>
		BARTHE, professeur	{ <i>Juges.</i>
		SELLIER, agrégé	
		GOLSE, agrégé	

BORDEAUX
IMPRIMERIE DE L'ACADÉMIE ET DES FACULTÉS
Y. CADORET

17, RUE POQUELIN-MOLIÈRE, 17

1925

FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE DE BORDEAUX

M. SIGALAS... Doyen.

PROFESSEURS HONORAIRES :

MM. LANELONGUE, BADAL, PITRES, ARNOZAN, POUSSON.

PROFESSEURS

	MM.		MM.
Clinique médicale.....	VERGER.	Zoologie et parasitologie.....	MANDOUL.
id.....	CASSAËT.	Médecine expérimentale.....	FERRÉ.
Clinique chirurgicale.....	CHAVANNAZ.	Clinique ophtalmologique.....	LAGRANGE.
id.....	BÉGOUIN.	Clinique chirurgicale infantile et orthopédie..	ROCHER.
Pathologie et thérapeutique générales.....	CRUCHET.	Clinique gynécologique.....	GUYOT.
Clinique d'accouchements.....	RIVIÈRE.	Clinique médicale des maladies des enfants..	MOUSSOUS.
Anatomie pathologique et microscopie clinique.	SABRAZÈS.	Chimie biologique et médicale.....	DENIGÈS.
Anatomie.....	PICQUÉ.	Physique pharmaceutique.....	SIGALAS.
Anatomie générale et histologie.....	G. DUBREUIL.	Médec. coloniale et clinique des malad. exotiques	LE DANTEC.
Physiologie.....	PACHON.	Clinique des maladies cutanées et syphilitiques.	W. DUBREUIH.
Hygiène.....	AUCHÉ.	Clinique des maladies des voies urinaires..	DUVERGEY.
Médecine légale et déontologie.....	LANDE.	Clinique des maladies nerveuses et mentales.	ABADIE.
Physique biologique et clin. d'électricité médicale	N.	Clinique d'oto-rhino-laryngologie.....	MOURE.
Chimie.....	CHELLE.	Toxicologie et hygiène appliquée.....	BARTHE.
Botanique et matière médicale.....	BEILLE.	Hydrologie thérapeutique et climatologie....	SELLIER.
Pharmacie.....	DUPOUY.		

MM. PRINCETEAU (Anatomie). — LABAT (Pharmacie). — CHARLES (Thérapeutique et pharmacologie).
PETGES (Vénérologie).

AGRÉGÉS EN EXERCICE :

	MM.		MM.
Anatomie et embryologie.....	VILLEMIN.	Médecine générale.....	MICHELEAU.
Histologie.....	LACOSTE.	id.....	BONNIN.
Physiologie.....	DELAUNAY.	Maladies mentales.....	PERRENS.
Anatomie pathologique.....	MURATET.	Chirurgie générale.....	PAPIN.
Parasitologie et sciences naturelles.....	R. SIGALAS.	id.....	JEANNENEY.
id.....	N.	id.....	N.
Physique biologique et médicale.....	RECHOU.	id.....	N.
Chimie biologique et médicale.....	N.	Obstétrique.....	PERY.
Médecine générale.....	MAURIAC.	id.....	FAUGÈRE.
id.....	LEURET.	Ophtalmologie.....	TEULIÈRES.
id.....	DUPERIÉ.	Oto-rhino-laryngologie.....	PORTMANN.
id.....	GREYX.	Pharmacie.....	GOLSE.

COURS COMPLÉMENTAIRES :

	MM.		MM.
Clinique dentaire.....	CAVALIÉ.	Puériculture.....	ANDÉRODIAS.
Médecine opératoire.....	PAPIN.	Démonstrations et préparations pharmaceutiques	LABAT.
Accouchements.....	FAUGÈRE.	Chimie pharmaceutique.....	GOLSE.
Ophtalmologie.....	CABANNES.	Chimie minérale.....	GOLSE.

Orthopédie chez l'adulte, pour les accidentés du travail, les mutilés de guerre et les infirmes... MM. ROCHER.
Pathologie externe (4^e année) et petite chirurgie..... CHARRIER.
Pathologie externe (3^e année) et petite chirurgie..... LOUBAT.
Cours complémentaire annexe — Prothèse et rééducation professionnelle..... GOURDON.

Par délibération du 5 août 1879, la Faculté a arrêté que les opinions émises dans les Thèses qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle entend ne leur donner ni approbation ni improbation.



A LA MÉMOIRE DE MES DEUX FRÈRES

MAURICE ET HENRI

: MORTS POUR LA FRANCE

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR A. LABAT

*Chargé du cours de démonstrations et préparations pharmaceutiques,
Pharmacien des Hôpitaux,
Chevalier de la Légion d'honneur,
Officier de l'Instruction publique.*

CONTRIBUTION

A LA

CONNAISSANCE DES EAUX

DE LA RÉGION DE MARRAKECH

INTRODUCTION

Les analyses d'eau de la Chaouïa et des différents postes situés sur la ligne d'étape exécutées de 1907 à 1911 avaient démontré que les eaux consommées par les troupes d'occupation étaient contaminées; la dysenterie amibienne, la dysenterie bacillaire, la fièvre typhoïde, avaient malheureusement confirmé ces résultats.

En 1912, la ville de Marrakech était occupée par les troupes du colonel Mangin. Le problème de l'eau potable se posait immédiatement dans cette région à climat sensiblement saharien.

Il était du plus grand intérêt de connaître aussi rapidement que possible la valeur alimentaire des eaux destinées à l'alimentation des troupes; il fallait également évaluer les ressources en eaux de cette région et déterminer si elles pourraient suffire à la garnison, à la future ville européenne et à la ville indigène.

Par les analyses qui suivent et qui sont les premières effectuées dans cette région, ainsi que par l'étude qui les accompagne, nous avons essayé de répondre aux questions suivantes :

1° Quelles sont les ressources en eaux de Marrakech ?

2° L'eau utilisée est-elle potable ?

3° Est-il possible de s'alimenter à une nappe non contaminée ?

4° Quels sont les différents projets d'adduction d'eaux susceptibles d'être envisagés et exécutés ?

Qu'il nous soit permis, tout d'abord, de témoigner toute notre gratitude à notre président de thèse, M. le professeur Labat, qui a bien voulu nous guider et nous aider; à M. le médecin principal Pignet, au docteur Mougneau, qui nous ont permis d'utiliser leurs résultats bactériologiques.

Nous remercions également M. le médecin-major de 2^e classe Chambelland, qui nous a si obligeamment confié une étude inédite sur les eaux de Marrakech.

Nous rendons enfin hommage au travail si important, si précis, et malheureusement en partie inédit, de M. le médecin-major de 2^e classe Gueytat. Nous y avons fait de larges emprunts, surtout pour la description des trajets des retharas.

I

CONTRIBUTION A LA CONNAISSANCE DES EAUX DE MARRAKECH ET DE LA REGION DE MARRAKECH

On distingue dans le relief marocain :

1° La chaîne du Haut-Atlas qui s'étend du cap Ghir au Haut-Guir;

2° L'Anti-Atlas qui forme un rameau se détachant de la chaîne maîtresse au Djebel-Siroua et qui va s'épanouir vers la côte Atlantique, au sud du Souss;

3° Le Moyen-Atlas qui se développe au nord du Haut-Atlas, auquel il se relie dans une région encore mal connue.

Ces grandes rides montagneuses séparent de vastes régions de plateaux et de plaines dont la plus importante, comprise entre le Haut-Atlas occidental, le Moyen-Atlas et le Gharb, est brusquement limitée à la côte Atlantique. Cette région, très basse dans la zone littorale, comprend notamment les pays des Chaouïa, des Zaërs, des Doukhalas, des Abdas, ainsi que la plaine de Marrakech, en marocain le « Haouz Marrakech » (1).

Esquisse géologique. (2)

Le Maroc a subi un mouvement d'exhaussement à la fin des temps tertiaires et à l'époque quaternaire. C'est au cours de cette période, après la grande phase des glissements tertiaires qui ont donné à l'Atlas ses grandes lignes orographiques, que

(1) L. GENTIL, *Vue d'ensemble sur le relief marocain*, p. 7.

(2) L. GENTIL, *Le Maroc physique*; A. BRIVES, *Voyages au Maroc*.

jouèrent les grandes fractures qui ont isolé du côté du Haouz Marrakech, au Nord, du côté des vallées du Souss et du Drââ, au Sud, le massif du Haut-Atlas.

Le Haut-Atlas occidental, qui borne au Sud la plaine de Marrakech, est composé d'un noyau primaire à plis dirigés N.-E.-S.-O.; une série de failles marque la ligne d'affleurement des terrains anciens; à leur contact, les terrains secondaires (trias recouvert du crétacé inférieur) forment les dernières ondulations de la montagne et disparaissent au niveau de la plaine sous les alluvions et à la sortie des vallées sous les cônes de déjection des oueds.

Les Djebilets, qui limitent au Nord le Haouz-Marrakech, forment une saillie de près de 140 kilomètres, étirée en bandes parallèles en direction générale Nord 20° Est. Ils sont formés de roches primaires. Les schistes micacés du carboniférien constituent les premiers contreforts du versant méridional et s'appuient en bancs inclinés sur les assises centrales de la chaîne. Les strates s'infléchissent au Sud vers la plaine et disparaissent, soit sous les couches alluvionnaires, soit sous les terrains tertiaires (éocène inférieur) qui les séparent des alluvions.

La constitution du sol de la plaine de Marrakech, limitée au Nord par les Djebilets et appuyée au Sud aux pentes septentrionales du Haut-Atlas, est assez difficile à déterminer en raison de son épaisse couverture alluvionnaire. Cependant, par places, surgissent des collines, telles le Djebel Ardhouz et le Djebel Gueliz, qui présentent une constitution intéressante.

Le Djebel Ardhouz est formé par les schistes gréseux du Dévonien, dans lesquels s'intercalent des calcaires à polypiers.

Le Djebel Gueliz est formé par des calcaires carbonifériens surmontant des schistes précambriens qui se prolongent dans le Coudiat-el-Abid.

Il semble résulter de ces couches primaires dirigées Nord 20° Est, comme dans le Djebilet, que toute la partie centrale de la plaine de Marrakech est constituée par des couches du

même âge. Cette hypothèse est corroborée par la présence de schistes primaires d'âge indéterminé entre Fronga et l'Oued N'fis, et par celle de calcaires et schistes carbonifériens, près du débouché de cette rivière, dans la plaine d'Agadirchems. Le plateau supérieur qui se développe de l'Oued Chichaoua à Tameslouth forme à la bordure nord un escarpement remarquable auquel les indigènes ont donné le nom de Dela (rebord, gradin), tellement cette disposition avait dû les frapper.

Le Dela est constitué par les couches du crétacé inférieur, composé de poudingues, de marnes rouges et vertes qui recouvrent directement les terrains primaires. Elles s'étalent horizontalement jusqu'à la bordure de l'Atlas et sont recouvertes par des alluvions quaternaires et par les cônes de déjection des grandes rivières.

En somme, le Haouz est constitué par une série de terrasses superposées qui viennent s'appuyer sur une zone plissée de terrains primaires. Cette zone plissée forme une bande dirigée Nord-Nord-Est, dans laquelle les plis anciens ont été arrosés et recouverts en partie par les formations secondaires et tertiaires. En quelques points seulement cette couverture n'existe pas et l'affleurement des couches primaires forme des saillies étroites de direction Est-Ouest, tels sont les Djebilets. Dans la terrasse littorale, la couverture est constituée par le pliocène. C'est le miocène et l'éocène qui la représentent dans la terrasse supérieure. Le contact de ces deux zones est marqué dans la plaine de Marrakech par des affleurements triasiques, à Chichaoua et Sidi Chiker, rendus visibles par suite de la nature argileuse du terrain.

La zone plissée se poursuit au sud des Djebilets, dans la partie centrale de la plaine, et se continue vers le Sud à travers la région montagneuse de l'Atlas.

Sur ces formations se sont déposées progressivement les alluvions, débris de l'Atlas arrachés par les torrents de l'époque quaternaire. Ces alluvions présentent une composition variable selon les endroits où on les observe; en général, elles sont formées de graviers, de sables, de cailloux roulés, de

bancs de calcaire, le tout plus ou moins noyé dans de l'argile, et sur une épaisseur de 10 à 30 mètres.

Nous avons effectué une analyse physique sur un échantillon prélevé selon les indications données par Vassilière (3) pour l'analyse des terres. Elle nous a donné les résultats suivants. L'échantillon a été prélevé en un point situé entre le Djebel Gueliz et la ville de Marrakech, au nord du camp militaire.

Cailoux	13,20
Graviers	8,70
Sable grossier calcaire	0,13
Sable grossier silicieux	42,27
Total des éléments grossiers	64,30
Sable fin calcaire	0,19
Sable fin silicieux	20,29
Argile	14,70
Total des éléments fins	35,50

(3) DENIGÈS, *Précis de chimie analytique*.

II.

NOTIONS SOMMAIRES SUR LE REGIME DES EAUX ET DES PRINCIPAUX COURS D'EAU DU HAOUZ

Le système hydrographique du Haouz Marrakech résulte de l'action du climat et du relief.

Principaux cours d'eau. — La plaine de Marrakech est arrosée par un certain nombre d'oueds descendus des flancs de l'Atlas. Les principaux sont : le R'dat, l'Iminzat, l'Ourika, le Réraïa, le N'fis, le Seksaoua. Ces rivières suivent, sur la plus grande partie de leur cours, la direction des plis carbonifères et viennent se jeter, en suivant une direction générale N. S., dans l'oued Tensift, qui traverse la plaine de l'Est à l'Ouest. L'extrémité Est de la plaine de Marrakech est arrosée par deux affluents de l'Oum er Rebïa, l'oued Tessaout et l'oued El Abid.

L'Atlas fournit la presque totalité des affluents du Tensift qui ne reçoit sur sa rive droite que quelques torrents, presque toujours à sec, descendus des Djebilets.

L'oued Tensift, qui est le cours d'eau principal du Haouz, prend naissance au col du Glaoui, traverse la plaine parallèlement aux Djebilets de l'Est à l'Ouest, dans un lit large dévasté (lit de poudingues et de cailloux roulés), et va se jeter dans la mer à 30 kilomètres au sud de Safi, où son embouchure est obstruée par une barre. C'est un fleuve à débit et étiage faibles, parfois 1 mètre cube seulement jusqu'à 10 kilomètres de la mer. Cela tient à ce que le Tensift et ses affluents sont épuisés en partie par l'irrigation des vallées et de la plaine.

Tous ces oueds issus de l'Atlas ont un caractère commun, le caractère torrentiel que leur imprime le déboisement des pentes de l'Atlas. Ils présentent deux parties bien distinctes, la première, montagnaise, à allure de torrent, se creuse un lit dans les roches et débouche dans la plaine par des gorges étroites, véritables canons, appelées Foums (bouches) par les indigènes; le cours inférieur, plus calme, serpente dans la plaine.

La ligne de penté de la partie supérieure est très élevée, celle de la partie inférieure beaucoup plus faible. Leurs cours sont au plus bas en septembre-octobre, à la fin de la saison sèche; ils se relèvent légèrement en hiver, puis, brusquement, au printemps atteignent leur maximum vers mars-avril. Les jaugeages suivants exécutés par le service des Ponts et Chaussées confirment ces données. Les quantités sont exprimées en litres secondes (1).

Oueds.	Lieu du jaugeage.	Avril-mai	Août-sept.
Tensift	En amont du confluent du Rdat	267	71
Ourika	A Darkaïd Ourika	1323	142
Reraïa	A Tannaoud	2570	179
N'fis	En amont de la Seguia Targa....	2023	300

Autres jaugeages après un violent orage :

Oued Reraïa	A Tannaout le 1 ^{er} avril,	3500;	le 15 avril,	2570
— Sidi-Fers	— — —	800	—	265
— Issil	A Marrakech, — —	966	—	162

Température.

Le climat de la plaine de Marrakech présente de grandes ressemblances avec le climat saharien. La moyenne des températures observées à Marrakech pendant une période de trois ans (1911-1912-1913) est la suivante :

Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
19°2	14°	16°2	16°1	20°8	24°5	25°5	26°7	23°	19°5	13°	12°5

(1) Médecin-major CHAMBELLAND, *Etude inédite sur les eaux d'alimentation et d'irrigation de la plaine de Marrakech.*

On observe en août-septembre des températures de 40 degrés à l'ombre et en hiver le thermomètre ne descend guère au-dessous de 2 degrés. Le sirocco, vent d'Est très chaud, souffle assez souvent pendant l'été et peut amener des hausses excessives de température, + 53 degrés, par exemple en août 1914.

Les pluies. — On distingue deux périodes, une période sèche, qui va de mai à septembre, où la pluie est exceptionnelle, et une période, qui va de septembre à mai, où la pluie tombe généralement en deux fois, à l'automne et au printemps. Ces périodes durent environ quinze à vingt-cinq jours. Dans les bonnes années, les pluies sont suffisantes pour obtenir une bonne récolte, mais ne peuvent empêcher qu'en dehors des points irrigués, toute végétation disparaisse pendant la saison sèche. Les chiffres suivants donnent les quantités d'eau tombées à Marrakech pendant une période de six ans :

1911.....	283 ^m /m		1917.....	367,9
1912.....	284,5		1918.....	295,2
1913.....	71,76		1919.....	355,1

Origine de la nappe phréatique de la plaine de Marrakech.

Nous savons que la masse centrale de l'Atlas est une masse schisteuse, imperméable, sur laquelle les eaux de précipitation deviennent des eaux de ruissellement, qui gagnent les contreforts septentrionaux de formation triasique et tertiaire où les roches imperméables alternent avec des zones de sable et de calcaire perméables. Il se produit dans cette région un ralentissement du ruissellement, une partie des eaux est absorbée, donnant naissance à des sources situées aux pieds des contreforts ou venant s'accumuler sous la couche alluvionnaire, au niveau des zones imperméables.

Nous savons également que la plaine de Marrakech est constituée par une immense cuvette dont la base est formée de schistes primaires surmontés de formations secondaires et tertiaires (éocène, pliocène et miocène) imperméables, le tout

largement recouvert d'un épais manteau d'alluvions dans lequel sont noyés de larges bancs calcaires (lentilles calcaires de L. Gentil) également imperméables.

Les eaux venues de l'Atlas, les précipitations atmosphériques, les eaux des oueds et des seguias, filtrant facilement au travers des alluvions, viennent donner naissance à une nappe phréatique discontinue au niveau des zones imperméables. L'hypothèse de la nappe phréatique discontinue est confirmée par la présence de l'eau à des profondeurs très variables pour des puits très voisins.

Ressources en eau de la ville de Marrakech.

Au centre du Haouz, mot qui signifie province, et est une abréviation de Haouz-Marrakech, se trouve la grande palmeraie de Marrakech. Marrakech est une ville berbère, d'allure soudanaise, entourée de palmiers et de jardins, très importante au point de vue économique, où converge toute une série de routes et où se font tous les échanges entre la plaine, la montagne et la côte. Protégée par de hautes murailles, entourée de jardins et, prolongée par le vaste domaine de l'aguedal, elle affecte la forme d'un rectangle irrégulier de 8 kilomètres de longueur sur 4.500 mètres de largeur. Elle est orientée dans sa grande dimension exactement S.-N. La partie sud est occupée par l'aguedal; la ville indigène occupe la partie nord. Vers le Nord, le Nord-Est et le Nord-Ouest s'étendent d'immenses jardins jusqu'au bord de l'oued Tensift, situé à 5 kilomètres environ de la muraille nord. Au Sud s'étend la région irriguée et cultivée. L'oued Issil suit les bords de la muraille nord, il est presque constamment à sec; quelques fausses émergences provenant des égouts de la ville viennent s'y jeter.

D'après le recensement de 1921, Marrakech compterait 102.000 habitants, dont 2.000 Européens; mais ces chiffres ne doivent être acceptés que sous réserves et il est préférable de considérer comme exact le chiffre donné en 1913 de 90.000

habitants, dont 1.200 Européens. Elle est alimentée en eau potable :

1° Par les retharas, qui utilisent l'eau de la nappe phréatique;

2° Par les seguias, qui utilisent l'eau des oueds;

3° Par les puits, qui utilisent également l'eau de la nappe aquifère.

III

DESCRIPTION SOMMAIRE DES METHODES ANALYTIQUES EMPLOYEES

L'eau potable peut être définie : celle qui est assez claire et pure (chimiquement et bactériologiquement) pour qu'on la consomme avec agrément et sans risques pour la santé.

Les eaux consommées par la ville de Marrakech sont-elles potables ? Seules de nombreuses analyses chimiques et bactériologiques peuvent nous permettre de répondre. Mais avant d'aborder la description du système d'adduction d'eau de la ville et d'exposer les résultats analytiques obtenus, nous allons décrire sommairement les méthodes suivies et indiquer les bases qui nous ont servi pour la discussion et l'interprétation des résultats.

1° PRÉLÈVEMENTS. — Tous les prélèvements ont été faits au moyen d'un seau métallique préalablement lavé et rincé avec soin. Les cinq litres d'eau nécessaires à l'analyse chimique ont été transportés dans des bouteilles en verre de 1 litre, non colorées et d'une propreté absolue. A cet effet, les récipients ont été traités successivement par 20 cc. de solution saturée de permanganate de potasse, et après égouttage par 10 cc. d'acide sulfurique du commerce. Après dix minutes de contact, les bouteilles ont été rincées à l'eau ordinaire jusqu'à cessation de réaction acide au papier de tournesol, puis à l'eau distillée. Au moment du prélèvement, les bouteilles ont été à nouveau rincées deux fois avec l'eau à analyser, remplies ensuite et bouchées avec des bouchons préalablement maintenus pendant une heure dans l'eau en ébullition.

2° DOSAGES DES MATIÈRES ORGANIQUES. — Evaluation de l'oxygène absorbé en milieu acide et en milieu alcalin (méthode décrite par le tome II du *Formulaire des hôpitaux militaires*).

Chaque essai nécessite quatre fioles coniques en verre de Bohême de 500 cc. de capacité, dont deux pour l'essai en milieu acide et deux pour l'essai en milieu alcalin.

Evaluation en milieu acide. — Introduire 200 cc. de l'eau à essayer dans une fiole et 100 cc. dans la seconde.

Acidifier les 200 cc. au moyen de 20 cc. d'acide sulfurique dilué et les 100 cc. au moyen de 10 cc. du même acide.

Evaluation en milieu alcalin. — Introduire 200 cc. de l'eau à essayer dans une fiole et 100 cc. dans la seconde.

Alcaliniser les 200 cc. au moyen de 20 cc. de bicarbonate de soude à 120 grammes par litre et les 100 cc. au moyen de 10 cc. de la même solution.

Dans les quatre fioles, introduire 10 cc. exactement mesurés de solution de permanganate de potasse titrée.

Porter les quatre fioles à ébullition ménagée pendant dix minutes, puis les laisser refroidir pendant une demi-heure. Les temps étant comptés à partir du moment où des bulles partant du fond du ballon viennent éclater à la surface du liquide et à partir du moment où on arrête l'ébullition.

Dans les deux épreuves alcalines, mais dans celles-là seulement, ajouter respectivement 20 cc. et 10 cc. d'acide sulfurique dilué de son volume d'eau (20 cc. dans l'épreuve contenant 200 cc. et 10 cc. dans celle ne contenant que 100 cc.).

Dans les quatre épreuves verser 10 cc. de solution de sulfate de fer et d'ammonium; la décoloration doit être complète, sinon on ajoute une plus grande quantité de solution ferreuse.

Revenir immédiatement à la teinte rose, faible, mais persistante, en laissant tomber d'une burette graduée dans les quatre essais la solution de permanganate titrée.

La différence volumétrique de permanganate trouvée entre une épreuve de 200 cc. et celle de 100 cc. qui lui correspond

représente en milligrammes l'oxygène absorbé par 1.000 cc. d'eau.

3° AZOTE AMMONIACAL (azote à l'état d'ammoniaque libre ou saline). — Dans un ballon de verre de 1 litre de capacité mis en communication avec un réfrigérant à tube condenseur en étain (appareil d'Aubin), introduire 500 cc. environ d'eau distillée exempte d'ammoniaque, distiller lentement, recueillir 250 cc. environ de distillat et s'assurer avant d'arrêter l'opération que les dernières gouttes d'eau condensée qui passent à la distillation ne contiennent pas la moindre trace d'ammoniaque perceptible au réactif de Nessler.

Vider le ballon et introduire 500 cc. de l'eau à analyser, ou une plus faible quantité si l'on suppose que l'eau est riche en ammoniaque; chauffer de manière qu'il ne distille pas moins de 6 cc., mais pas plus de 10 cc. de liquide par minute.

Recueillir ainsi trois fois 50 cc. de distillat dans trois tubes de Nessler jaugés exactement à 50 cc.

Doser par nesslerisation l'ammoniaque contenue dans les trois tubes.

Nesslerisation. — Choisir seize tubes de Nessler, y ajouter respectivement les quantités suivantes de solution type de chlorure d'ammonium contenant 1/100 de milligramme d'azote ou 0 mill. 012 d'ammoniaque par centimètre cube. Exemple : 0 cc., 0 cc. 1, 0 cc. 3, 0 cc. 5, 0 cc. 7, 1 cc., 1 cc. 4, 1 cc. 7, 2 cc., 2 cc. 5, 3 cc., 3 cc. 5, 4 cc., 4 cc. 5, 6 cc., puis de l'eau distillée exempte d'ammoniaque jusqu'au trait 50, enfin 2 cc. de réactif de Nessler. Sans agiter leur contenu, abandonner au repos pendant dix minutes les tubes témoins ainsi préparés.

D'autre part, le contenu des tubes renfermant les distillats ammoniacaux ayant été amené à la même température que celui des tubes témoins, y ajouter 2 cc. de réactif de Nessler, et après dix minutes de repos et sans agitation préalable, comparer leur teinte avec celle des tubes témoins en les regardant verticalement de haut en bas en suivant leur axe; après comparaison des teintes, additionner les résultats partiels de cha-

que tube contenant les distillats et exprimer les résultats par litre d'eau.

Ainsi, si on a opéré sur 500 cc. d'eau et si les trois tubes contenant le distillat provenant de la distillation de l'azote à l'état d'ammoniaque libre correspondent respectivement aux tubes témoins contenant 1, 2, 3 cc. de solution type de chlorure d'ammonium (ce qui correspond à :

0 mill. 01 + 0 mill. 02 + 0 mill. 03 = 0 mill. 06 d'azote), la proportion d'azote contenu dans 1 litre de l'eau examinée sera : $0 \text{ mill. } 06 \times 2 = 0 \text{ mill. } 12$.

4° AZOTE ORGANIQUE (azote à l'état d'ammoniaque albuminoïde). — Au contenu du ballon de verre abandonné au refroidissement pendant un quart d'heure, ajouter 4 cc. ou plus de solution alcaline de permanganate de potasse et distiller jusqu'à ce qu'on ait recueilli dans les mêmes conditions que ci-dessus et dans les tubes de Nessler cinq portions de 50 cc. chacune de distillat. Doser par nesslerisation l'ammoniaque des cinq tubes.

5° AZOTE NITREUX. — Dans un tube de verre très blanc, mesurer 100 cc. d'eau à essayer (décolorée au besoin au moyen de l'alumine); en même temps, préparer une série de tubes témoins en diluant à 100 cc. avec de l'eau distillée les volumes de 0, 1, 2, 4, 7, 10, 14, 17, 20, 25 cc. d'une solution type de nitrite de soude contenant 0,0001 d'azote par centimètre cube. Dans chaque tube, y compris le tube à analyser et pour chaque volume de 200 cc., ajouter 2 cc. de solution d'acide sulfanilique et d'acétate d'amido-naphtalène, agiter et laisser au repos pendant dix minutes, comparer la teinte rouge violacée des tubes témoins avec celle du tube à analyser et exprimer les résultats par 1.000 cc. d'eau.

6° AZOTE NITRIQUE. — Evaporer presque à sec au bain-marie 20 cc. d'eau à analyser; laisser les dernières gouttes s'évaporer à la température du laboratoire, à l'abri des poussières et des vapeurs ammoniacales; traiter le résidu par 1 cc. de réactif sulfophénique; mélanger exactement le réactif au résidu au moyen d'une baguette de verre; ajouter au mélange 10 cc. d'eau dis-

tillée, puis assez d'ammoniaque chimiquement pure pour rendre le mélange alcalin. La coloration jaune du mélange indique la présence de nitrate.

Verser le mélange dans un tube de Nessler jaugé de 100 cc. et compléter ce dernier volume avec de l'eau distillée.

D'autre part, préparer une solution type de nitrate de potasse contenant 0,0001 d'azote par centimètre cube et en mesurer les quantités suivantes dans douze tubes de Nessler jaugés à 100 cc., 0, 1, 2, 4, 7, 10, 15, 20, 25, 30, 45, 40 cc.; compléter le volume de 100 cc. avec de l'eau distillée; ajouter dans chacun d'eux 5 cc. d'ammoniaque.

Comparer les teintes du tube à analyser avec les tubes témoins et exprimer les résultats par 1.000 cc. d'eau.

7° CHLORE. — Dans une capsule en porcelaine, mesurer 50 cc. d'eau ou une quantité moindre si l'eau est riche en chlore (mais en ayant soin d'amener cette quantité au volume de 50 cc. avec de l'eau distillée); doser le chlore au moyen d'une solution titrée $\frac{N}{10}$ de nitrate d'argent en présence de chromate neutre de potassium comme indicateur. Exprimer les résultats en chlore.

8° ACIDE PHOSPHORIQUE. — Dans une capsule de porcelaine, évaporer lentement 300 cc. d'eau additionnés de 5 cc. d'acide azotique pur; porter au bain-marie jusqu'à réduction au volume de 5 cc.; au résidu, ajouter 10 cc. de réactif molybdique et 1 goutte d'acide sulfurique pur. Porter le mélange au bain-marie d'eau bouillante avec une proportion de 0 mill. 01 de P^2O^5 par litre d'eau; on obtient un précipité jaune très net. Exprimer les résultats en P^2O^5 .

9° DEGRÉ HYDROTIMÉTRIQUE. — Mesurer à l'aide d'une pipette dans un flacon de verre blanc bouchant à l'émeri 40 cc. de l'eau à essayer et ajouter d'abord rapidement, puis peu à peu, la liqueur hydrotimétrique contenue dans une burette spéciale, en agitant après chaque addition.

Dès que par l'agitation du flacon, on obtient une mousse épaisse de 1 cc. et persistante pendant dix minutes, lire le nombre de divisions de la burette employée : ce nombre représente le degré hydrotimétrique total.

10° DEGRÉ HYDROTIMÉTRIQUE PERMANENT. — Faire bouillir l'eau à analyser pendant une demi-heure dans un ballon de 200 cc. portant un trait de jauge et rempli jusqu'à ce trait; laisser refroidir; rétablir le volume primitif avec de l'eau distillée pure marquant zéro à l'hydrotimètre et agiter fortement le mélange; filtrer sur papier de cellulose pure et prendre le degré hydrotimétrique de l'eau filtrée. Diminuer de trois unités le nombre ainsi obtenu.

11° DEGRÉ ALCALIMÉTRIQUE. — On prend 100 cc. de l'eau à analyser auxquels on ajoute III gouttes d'héliantine et on fait arriver goutte à goutte la solution $\frac{N}{10}$ d'acide sulfurique jusqu'au moment où on obtient un virage rouge cerise. On recommence la même opération avec 100 cc. d'eau distillée, la différence $N - N'$ représente l'alcalinité de l'eau analysée. On exprime les résultats en carbonate de chaux.

12° RÉSIDU SEC A 110 DEGRÉS. — On évapore au bain-marie dans une large capsule 1.000 à 2.000 cc. d'eau à analyser. L'évaporation terminée, on porte la capsule dans une étuve chauffée à 110 degrés; on l'y maintient environ quatre heures; on laisse refroidir sous un dessiccateur et on pèse.

13° RÉSIDU FIXE. — La capsule de platine contenant le résidu sec précédemment obtenu est chauffée progressivement au moufle jusqu'au rouge sombre; quand la calcination est terminée, on laisse refroidir dans un dessiccateur et on pèse. On mouille le résidu avec 2 à 3 cc. d'une solution de carbonate d'ammoniaque; on sèche au bain-marie, puis on chauffe à feu nu ou au moufle, d'abord avec ménagement. Dans cette seconde calcination, le résidu doit à peine atteindre le rouge sombre. On laisse refroidir et une nouvelle pesée donne le poids du résidu fixe.

14° SILICE. — On opère sur le résidu de l'évaporation de 2 litres. Ce résidu est évaporé à sec en présence d'acide chlorhydrique, puis repris par de l'eau chaude acidulée avec quelques gouttes de cet acide; on filtre, on lave le précipité avec de l'eau chaude, on incinère et on pèse le résidu.

15° FER ET ALUMINE. — Le liquide filtré auquel sont réunies

les eaux du lavage de la silice est concentré s'il y a lieu et porté à l'ébullition après addition de quelques gouttes d'acide nitrique; on ajoute alors du chlorhydrate d'ammoniaque et de l'ammoniaque jusqu'à réaction alcaline; on filtre pour séparer l'oxyde de fer et l'alumine, on sèche, on incinère et on pèse.

16° CHAUX. — Après avoir séparé comme il vient d'être dit la silice, l'oxyde de fer et l'alumine, on concentre, on étend le liquide du filtre à un volume déterminé dont on prend la totalité ou une partie suivant que l'eau est plus ou moins calcaire. Le liquide est additionné d'oxalate d'ammoniaque, puis on laisse reposer pendant quelques heures. On jette alors le précipité d'oxalate de chaux sur un petit filtre, on le lave, on sèche, on incinère et on pèse.

17° MAGNÉSIE. — La chaux étant séparée, on concentre le liquide à un petit volume, et comme il contient déjà du chlorhydrate d'ammoniaque et de l'ammoniaque, il suffit d'ajouter du phosphate d'ammoniaque, d'agiter et de laisser reposer douze heures. On filtre, on lave le précipité à l'eau ammoniacale, on sèche, on incinère et on pèse.

18° ACIDE SULFURIQUE. — On concentre 500 à 1.000 cc. au bain-marie à un petit volume en présence d'acide chlorhydrique. On ajoute un excès de chlorure de baryum, on chauffe longtemps le précipité, on le recueille sur un filtre, on le lave, on le sèche et on le calcine, on laisse refroidir et on pèse.

IV

DISCUSSION DE L'ANALYSE CHIMIQUE

L'analyse chimique des eaux potables comporte deux sortes de conclusions : l'une visant la composition minérale proprement dite basée sur la présence ou l'excès de sels minéraux qui peuvent rendre cette eau peu agréable ou impropre aux usages domestiques ou industriels, l'autre visant la potabilité et basée sur la présence ou la proportion de certains éléments qui fournissent des indications sur la pureté ou la souillure de l'eau.

1° MINÉRALISATION. — Le Comité consultatif d'hygiène publique de France avait dressé un tableau des qualités de l'eau potable et des limites dans lesquelles devaient osciller les différentes données analytiques pour qu'une eau soit considérée comme pure, potable, suspecte, mauvaise. L'expérience a démontré qu'il n'était pas possible d'assigner des limites précises au point de vue de la quantité des sels minéraux que doivent contenir des eaux de bonne qualité; ces quantités dépendant de la provenance géologique de ces eaux, on peut donc, dans tous les cas, ne tenir aucun compte des divers tableaux dressés au cours des différents congrès d'hygiène, et ne les considérer que comme des moyens de faciliter la discussion des résultats analytiques. Toute autre façon d'opérer pourrait entraîner à des conclusions inacceptables, tel, par exemple, le taux de 150 milligrammes de résidu fixe exigé pour une eau pure, par le Comité d'hygiène publique de France, qui, s'il était admis, ne serait réalisé que par certaines eaux de ter-

rains granitiques ou gneissiques ou par quelques eaux superficielles de certains terrains calcaires, le plus souvent polluées. En ce qui concerne les eaux de la région de Marrakech, une seule répondrait à cette condition, l'eau de la Séguia Tassel-tant, eau d'ailleurs très souillée.

Il ne faut donc attacher qu'une importance secondaire aux éléments minéraux; toutefois, il est évident qu'on ne saurait admettre comme eau potable une eau minérale ou à propriété thérapeutique, ou dont la proportion de certains sels en fait une boisson fort désagréable, telle, par exemple, l'eau du poste d'El Kela, dont la composition probable est sensiblement la suivante :

Sulfate de chaux, 552.
Chlorure de sodium, 873.
Chlorure de magnésium, 202.
Silice, 23.
Fer et alumine, 3.

Les éléments qui entrent dans la composition des eaux ordinaires, c'est-à-dire pouvant être utilisées pour l'alimentation, sont les suivants : silice, chaux, magnésie, soude, acide sulfurique, chlore, acide nitrique, acide carbonique, exceptionnellement les sels de potassium, d'alumine et de fer. La constance de la minéralisation est généralement un indice de la bonne qualité des eaux, sans qu'on puisse voir dans certaines eaux qui subissent des oscillations notables une preuve de contamination. Le taux de chacun de ces éléments peut donc varier dans des limites assez larges.

Sels calcaires et magnésiens. — Les bonnes eaux potables en renferment de 200 à 250 milligrammes, les sels de magnésie en trop grande abondance communiquent à l'eau des propriétés laxatives et un goût fort désagréable.

Sulfate. — Les chiffres d'acide sulfurique dans les eaux sont extrêmement variables; selon les terrains traversés, ils peuvent dépasser 300 milligrammes sans que l'on puisse suspecter la pureté de l'eau; mais toutes les eaux riches en sulfate sont désagréables au goût, et en général impropres aux usages domestiques et industriels.

Fer et alumine. — En petite quantité n'ont aucune signification; en trop grande quantité, ils rendent les eaux impropres aux usages domestiques; de plus, dans ces eaux, les crénothix se développent avec une grande facilité au point d'amener souvent l'obstruction des conduites.

Acide carbonique. — Les eaux qui en renferment des quantités un peu considérables entrent dans la catégorie des eaux dites minérales.

2° POTABILITÉ. — Tous les tableaux dressés jusqu'ici et indiquant la teneur en divers éléments que ne doit pas dépasser une eau potable n'ont plus aucune valeur. Le Conseil supérieur d'hygiène de France a d'ailleurs renoncé à donner les chiffres limites que ne doit pas dépasser une eau potable. Les eaux sont sous la dépendance étroite des formations géologiques qui leur donnent naissance et des terrains qu'elles traversent, et le taux des divers éléments qui servent à établir les conclusions au point de vue potabilité n'ont parfois pas grande signification; ces conclusions sont basées sur le taux de la matière organique évaluée en oxygène, en solution acide et en solution alcaline, le taux de l'azote ammoniacal, l'azote nitreux, l'azote nitrique, le chlore, l'acide phosphorique.

Matière organique. — D'une manière générale, on peut dire qu'une eau est suspecte lorsque la matière organique, évaluée en oxygène, supérieure à 2 milligrammes par litre est plus forte en solution alcaline qu'en solution acide; les matières organiques d'origine animale donnent des chiffres plus élevés lorsque le dosage est fait en solution alcaline. C'est ce qui ressort de nombreux travaux, en particulier des indications de Pouchet et Bonjean, basées sur les résultats de 1.127 analyses, dont 85 p. 100 confirment ces données. Il n'en est pas moins vrai que beaucoup d'eaux potables en contiennent des proportions plus élevées, notamment les eaux artésiennes, les eaux profondes qui traversent les lignites, les eaux des régions tourbeuses ou des régions très boisées; mais ces eaux ne sont pas recommandables et elles ont le grave inconvénient d'abandonner dans les conduites des dépôts organiques qui constituent d'excellents milieux de culture.

Azote ammoniacal et albuminoïde. — L'azote ammoniacal indique le plus souvent une eau souillée par des matières organiques d'origine animale, l'analyse bactériologique confirme le plus souvent ce diagnostic. Cependant certaines eaux des régions tourbeuses, certaines eaux artésiennes, en contiennent des proportions notables.

Il y a lieu de considérer comme suspecte la présence de l'azote ammoniacal quand le chiffre de la matière organique en solution alcaline est élevé et qu'il s'accompagne de nitrites ou de nitrates.

Nitrites. — Les nitrites sont en général les indices d'une eau suspecte. On admet qu'ils sont les produits intermédiaires de la transformation dans le sol de l'azote ammoniacal en azote nitrique; étant donnée leur instabilité, ils indiqueraient une contamination récente. Quand ils s'accompagnent d'azote ammoniacal et albuminoïde, d'un chiffre élevé de chlorure et d'un taux également élevé de matières organiques en solution alcaline, l'eau peut être considérée comme suspecte.

Azote nitrique. — On ne peut assigner de limite aux quantités de nitrates contenues dans les eaux; des eaux superficielles très souillées n'en renferment pas, et des eaux très pures de terrains sableux et calcaires peuvent en contenir des proportions assez élevées. La présence des nitrates est étroitement liée à l'oxydation des matières organiques par les bactéries nitrifiantes, en présence de l'oxygène de l'air et d'une petite quantité de sels calcaires. Cependant Lahache a trouvé 20 milligrammes de nitrate dans les eaux du Sahara oriental.

D'une manière générale, on peut dire que, quelle que soit l'origine de l'eau, une proportion de 10 milligrammes de nitrates associés à des nitrites, à de l'ammoniaque, à de la matière organique en solution alcaline en proportion considérable, à un taux exagéré de chlorure, indique une eau mauvaise. Leur présence indiquerait une contamination ancienne; en l'absence de chlorures, de nitrites, d'ammoniaque et de matières organiques en solution alcaline, on pourrait admettre que leur origine est essentiellement végétale et ne serait pas un indice de pollution.

Acide phosphorique. — On admet que la présence de l'acide phosphorique est une preuve de contamination; cependant il est reconnu que certaines eaux très pures en contiennent des quantités sensibles. De plus, on sait que les phosphates alcalins se transforment en phosphates tricalciques, insolubles; c'est ce qui expliquerait que des eaux très polluées par des matières fécales peuvent ne pas en contenir.

Chlore. — La proportion de chlore est en général peu élevée dans les eaux de bonne qualité. Il n'y a pas de taux limite, on peut admettre jusqu'à 1 gramme. On peut considérer que l'eau est mauvaise lorsque, à 50, à 60 milligrammes de chlore se trouvent associés des nitrites, de l'ammoniaque ou plus de 10 milligrammes de nitrates.

INTERPRETATION DE L'ANALYSE CHIMIQUE

Maillard (*Bulletin de médecine*, t. LXXIX, n° 9, 1918, p. 198) insiste sur la valeur de l'analyse chimique pour la prospection des eaux potables. Il pense que l'analyse chimique peut très bien servir de critérium analytique des contaminations bactériennes et assure ce rôle, en particulier, aux variations des chlorures. Il détermine la constance des chlorures des eaux d'une région et peut ensuite porter un jugement sur les eaux prospectées. Ces conclusions sont les suivantes :

1° Quand la méthode chimique suspecte une eau, il est inutile de faire l'analyse bactériologique;

2° Quand l'analyse chimique trouve une eau bonne, il est rare qu'elle ne le soit pas au point de vue bactériologique;

3° S'il y a divergence, c'est la méthode bactériologique qui est trop sévère et qui d'ailleurs peut faire une colimétrie erronée;

4° La méthode chimique est d'une grande précision, elle décèle la pollution fécale avec autant de facilité que la méthode bactériologique; elle a deux avantages, elle est rapide et facile.

Avant lui, Duclaux, à la suite de comparaisons entre la composition minérale et les observations hydrologiques et géologiques, concluait : on peut porter un jugement assuré sur la contamination d'une eau avec les seules ressources de la chimie pure et sans avoir recours aux méthodes parfois fallacieuses de la bactériologie.

D'autres encore, Comte, Malmejac, ont attiré l'attention sur l'importance et la valeur de l'analyse chimique, en insistant l'un sur le dosage des nitrites, l'autre sur ce qu'il appelle le chlore normal.

Mais les nitrites, ni le chlore, ni la matière organique n'ont de signification suffisamment précise. Les nitrites peuvent prendre naissance dans le sous-sol en dehors de toute contamination, ainsi que l'a démontré Dienert pour les sources de l'Avre, et de plus une contamination n'est pas toujours accompagnée de nitrites. Le chlore qui a été souvent considéré comme un facteur sûr de potabilité peut ne pas être décelé, même après des déversements notables, si la masse d'eau est considérable. Ainsi que l'a calculé Guillerd, une émergence débitant 20 litres par seconde devrait recevoir par vingt-quatre heures les urines de 40 têtes de bétail pour qu'on puisse y déceler une augmentation de taux de chlore de 1 milligramme par litre. Pecker, dans sa thèse sur l'indice de chlore des eaux portant sur 1.673 analyses effectuées pendant la guerre, a constaté que l'apparition des bactéries putrides et du colibacille ne se traduit que par une légère augmentation des chlorures (quelques milligrammes). Il conclut que la présence de colibacille est indépendante de la quantité des chlorures et que la teneur des chlorures n'est pas un facteur sûr de potabilité.

Rolland (*J. Ph.*, chap. XX, 1919, p. 314) relate des observations analogues et conclut que la plupart des échantillons à composition chimique défectueuse proviennent de nappes où les eaux ont atteint le stade final de leur évolution organique à travers des terrains filtrants.

Brûlé et Hazard (*Presse méd.*, 1918, n° 23, p. 241) ont fait les mêmes constatations et relèvent les contradictions entre les conclusions des analyses bactériologiques et chimiques de 882 analyses d'eau; 290 présentent des conclusions opposées.

Ainsi donc, toute interprétation d'analyse d'eau basée sur les seules données de l'analyse chimique est fatalement incertaine. Les limites des différentes substances dissoutes et con-

sidérées comme des témoins de souillures du sol, nitrites, nitrates, ammoniacque, matière organique, chlorures, n'ont qu'une valeur purement doctrinale. La présence de ces composés en faible proportion indique d'ordinaire leur origine profonde, mais ne renseigne pas sur les pollutions éventuelles à leur émergence, ou sur leur parcours. L'ensemble des résultats bactériologiques et chimiques permet seul de tirer des déductions valables.

VI

DISCUSSION DE L'ANALYSE BACTERIOLOGIQUE

Les résultats de l'analyse chimique sont insuffisants pour faire juger de la qualité d'une eau. Il en est de même pour l'analyse bactériologique.

Le bactérium coli, les bactéries putrides et d'autres espèces se rencontrent toujours dans les eaux souillées par les matières fécales.

Les considérations sur la signification du bactérium coli ont été longuement exposées par Ed. Bonjean; Petruski, Kaiser, Hageman, Vincent, attachent une grande importance au nombre des colibacilles trouvés.

Vincent admet qu'une eau assez bonne et même bonne peut renfermer 10 à 50 bactérium coli par litre; 50 à 100 bactérium coli indiqueraient une eau douteuse; 1 à 50 bactérium coli par centicube correspondraient à une eau mauvaise.

D'autres auteurs, au contraire, comme Loeffler, n'accordent pas une grande confiance à ce mode d'appréciation : de 1890 à 1916, il a été publié plus de 200 travaux sur la recherche et la signification de la présence du bactérium coli dans les eaux sans qu'il ait été possible de trouver une solution à ce problème (importance de la fréquence dans une certaine proportion, divergence dans sa détermination). L'isolement du colibacille, son identification nécessitent des recherches de longue durée et se compliquent de la présence de colibacilles atypiques et de paracolibacilles dont le nombre est considérable.

Interprétation de l'analyse Bactériologique.

Toutes ces observations démontrent qu'il faut apporter la plus grande prudence dans l'interprétation des résultats de l'analyse bactériologique. Mais, si en même temps que l'analyse bactériologique décèle le bactérium coli en quantités considérables et des bactéries putrides en nombre élevé, l'analyse chimique indique une matière organique abondante et plus fortement attaquée en milieu alcalin qu'en milieu acide, une forte quantité de chlorures, d'azote organique ou nitreux, la présence d'acide phosphorique, il convient de conclure sans hésitation à une eau souillée par des matières fécales.

En résumé, l'ensemble des analyses bactériologique et chimique permet seul de tirer des déductions valables.

C'est donc en tenant compte des données de la chimie et de la bactériologie que nous avons interprété les résultats des analyses des eaux examinées.

VII

RETHARAS (1)

Généralités. — Définitions.

On appelle retharas une série continue de puits distants d'une dizaine de mètres, sans véritable margelle, sans protection efficace, communiquant à leur partie inférieure par une galerie souterraine qui, grâce à la déclivité du terrain, vient aboutir à la surface du sol. A ce moment, l'eau continue sa course, soit dans un petit canal ou *segua*, soit dans une conduite en maçonnerie ou en terre cuite appelée *kaddous*. Le parcours d'une rethara varie de 4 à 6 kilomètres et comprend 4 à 500 puits. Ce mode de captage n'est pas spécial à Marrakech : on le retrouve dans la plupart des oasis sahariennes, en Perse, en Afghanistan; les conduites souterraines qui conduisent l'eau au palais des rois maures, à Grenade, sont construites, paraît-il, sur le même principe. Dans la région de Marrakech, ce mode d'adduction a atteint un développement extraordinaire; la plaine ressemble à une immense écumoire. Tous les voyageurs qui ont visité le Haouz en ont été vivement frappés et l'ont tous relaté : Brives, dans ses *Voyages au Maroc*; Gentil, Segonzac les signalent. Chevrillon, dans son livre : *Marrakech dans les palmes*, compare la plaine à une terre dévastée par un tremblement de terre. Les environs immédiats de Marrakech sont, en effet, littéralement criblés de puits qui lui donnent cet aspect particulièrement ravagé. On évalue, en effet, de 8 à 10.000 le nombre de puits formant l'ensemble du réseau

(1) Voir photographie et planches.

de retharas entourant la ville. La plupart sont mortes, selon l'expression des Marocains, c'est-à-dire taries, abandonnées, à demi effondrées; les autres, en activité, sont peu nombreuses. On compte environ pour le Haouz 316 retharas, 33 continuent à alimenter la ville en eau potable.

Construction.

Les traditions locales font remonter la construction des premières retharas aux prisonniers chrétiens faits à la bataille d'El Arcos. Chénier, consul de France à Rabat, père d'André et de Marie-Joseph, raconte que les systèmes de retharas de Marrakech datent des temps les plus reculés. D'après lui, Yacoub el Mansour en fit construire un grand nombre; 6.000 puits arrosaient la plaine, mais, ajoute-t-il, en 1768, c'est à peine si l'on put en restaurer 1.200. A l'heure actuelle, le monopole de la construction, de la réparation, de l'entretien des retharas est détenu par une tribu, les Toudras Rethatrias, originaires du Souss, à trois jours de marche de Dar Glaoui. (Dans la région de Fez, les puits sont creusés par des indigènes originaires des tribus du Tafilalet, région semi-désertique où l'eau est rare). Bien qu'il y ait des fonctionnaires chérifiens chargés de la surveillance des eaux, les amins, les Toudras sont seuls capables de donner des renseignements précis sur les adductions et distributions d'eau dans la ville. Pour le forage de leurs puits, les Toudras n'utilisent que des procédés primitifs. Ils forent avec une barre de mine, s'aident de la pelle et de la pioche et enlèvent les déblais avec des couffins. Dès que la profondeur du puits l'exige, ils établissent à l'orifice un treuil grossier qui sert à la montée et à la descente des ouvriers, ainsi qu'à l'enlèvement des déblais.

Description. — Entretien. — Débit.

Les puits ont environ 1 mètre à 1 m. 50 de diamètre, et quelle que soit la profondeur, qui n'excède jamais 30 mètres,

il n'existe aucun travail de soutènement. Cependant, quand le terrain est par trop mouvant, les Toudras établissent une voûte grossière au-dessus de la galerie souterraine et obstruent à nouveau le puits au ras du sol. Les puits terminés ont une sorte de margelle faite de boues et de déblais qui s'effrite d'ailleurs très rapidement et disparaît complètement dans les retharas anciennes. La pente de la galerie souterraine est parfaitement établie et parfaitement régulière. Elle se rapproche du sol de 5 à 7 mètres par kilomètre et le courant est par suite très rapide. Elle est sensiblement la même pour toute la région environnant la ville et orientée en général sud-nord. Malgré cela, leurs parcours sont quelquefois enchevêtrés et parfois difficiles à identifier et à repérer (voir planches). Les Toudras commencent toujours par forer le puits le plus éloigné; on ne peut guère assigner de règles précises quant au choix de la zone du point de départ, cependant un examen attentif du plan ci-joint paraît indiquer quelques points d'élection, notamment la zone correspondant aux retharas V, VI, VI *bis*, IX, X, XI, XV, et celle des retharas XXIX, XXXV, XXXVI, XXXIV, XXXIII, XXXII. Les retharas en service sont l'objet de soins et d'entretien assez minutieux. On veille à l'entretien des margelles, de la galerie souterraine, mais là encore rien d'absolu et il n'est pas rare de voir des ouvertures et des puits à demi effondrés sur des retharas en pleine activité. Lorsque le débit vient à diminuer, les Toudras ramènent le débit primitif soit en dégageant la galerie souterraine, soit en doublant sur un certain parcours le trajet de la rethara primitive obstruée ou effondrée. Il est à peu près impossible d'évaluer la durée d'une rethara, trop de facteurs sont à considérer : construction, entretien, accidents, orages, pluies d'hiver, etc. Certaines retharas des jardins de l'aguedal, dont la construction et la remise en état remontent à Moulay abd el Rhaman II, c'est-à-dire à quatre-vingt-dix ans, sont actuellement mortes, mais peut-être ne faut-il voir dans ce fait que la conséquence d'un abandon absolu. Le débit des retharas est variable. Il est fonction de la saison, de l'entretien et surtout de la longueur de la rethara.

La galerie creusée dans la couche aquifère fait l'office de drain; les Toudras, en effet, sont très affirmatifs à ce sujet et l'expérience confirme toujours leurs données. Il en résulte que le sultan, les grands caïds, les riches propriétaires ont des retharas très longues, les autres se contentent de retharas très courtes, mais en augmentent parfois le débit en prenant comme point de départ 5 à 6 puits branchés en patte d'oie. Le prix de revient d'une rethara est fonction du nombre de puits. On l'évalue à 400 pesetas par puits, ce qui donne pour une rethara de 2.500 mètres 100.000 pesetas, c'est-à-dire 80.000 francs en 1915. Aussi les grandes retharas appartiennent-elles au sultan ou à des Marocains très riches. D'après le médecin-major Gueytat, le débit normal d'une rethara en activité et de longueur moyenne, environ de 4 kilomètres, est de 500 mètres cubes à l'heure. Il en résulte que l'approvisionnement en eau potable de la ville de Marrakech serait théoriquement pour les 15 retharas qui l'alimentent de 180.000 mètres cubes. Ce chiffre doit être fortement diminué en raison du mauvais état de certaines et surtout des détournements fréquents faits en cours de route pour les besoins de l'irrigation. D'après des mesures plus récentes exécutées par le service des Ponts et Chaussées, on estime le débit des retharas qui alimentent la ville à 3.000 litres par seconde :

2 retharas débitent 50 litres par seconde;

Une dizaine, 30 litres par seconde;

Quelques-unes, 20 litres, et le reste, 7 à 10 litres.

Seguias de retharas et Kaddous.

- ✓ Au point où la galerie souterraine de la rethara débouche au niveau du sol prend naissance un petit canal ou seguia, de longueur variable, pouvant aller jusqu'à 3 ou 4 kilomètres et aboutissant soit à un bassin cimenté, soit à une conduite de distribution ou kaddous. Quelques-uns de ces bassins sont de dimension considérable : le charrige El Begar, à l'ouest de

Marrakech; le charrige El Hana, dans les jardins de l'aguedal, de plus de 100 mètres de côté, et le charrige de la Menara qui a 250 mètres de côté sur 4 à 5 mètres de profondeur. Dans le cas le plus fréquent, l'eau passe dans les conduites de distribution; ces conduites sont de deux sortes : ou une conduite en maçonnerie cimentée et couverte, ou une conduite en tuyaux de terre cuite très courts s'emboîtant les uns dans les autres, lutés au ciment et recouverts d'une voûte de briques ou noyés dans la maçonnerie des constructions. Ces kaddous traversent successivement de gros tubes de maçonnerie ou maddas. Ces maddas, construction spéciale à la région de Marrakech, sont construites sur le principe des vases communicants; elles permettent de conserver à l'eau sa pression et son niveau d'origine tout en l'élevant sensiblement au-dessus du niveau du sol. Une légère modification permet de les transformer en répartiteur et leur élévation au-dessus du sol rend plus facile la distribution de l'eau dans toutes les directions. Tout ce système sera étudié en détail à propos de l'hôpital Maisonnave où il atteint un rare degré de perfectionnement.

VIII

RETHARAS QUI ALIMENTENT LA VILLE (1)

La majeure partie de l'eau consommée par la ville de Marrakech est fournie par les retharas. Elles sont au nombre de 33. Nous avons analysé successivement les plus intéressantes.

Rethara IV (Rethara de la Menara).

Elle prend naissance au voisinage et au nord de la route de Tameslouth, sur la lisière sud du jardin de Sidi Ider qu'elle traverse de part en part. Elle se dirige vers le Nord-Nord-Est, longe à l'Ouest les jardins de Sidi bou Akkaz, vient passer à l'est de l'ancien grand bassin de la rethara II. A son voisinage, elle devient seguia, reçoit la rethara II, puis la rethara IV *bis*, à 100 mètres de la porte sud de la Menara, et finalement y pénètre à 15 mètres à l'ouest de cette porte. Auparavant, elle a fourni une petite branche qui pénètre dans la Menara, un peu à l'ouest de la principale branche. Elle fournit en partie l'eau du grand charriage de la Menara.

(1) La description des retharas I, VI, VIII, IX, X, XI, XIII, XIV, XV, XVI, XX, est empruntée au travail inédit de M. le médecin-major Gueytat.

La description des retharas XVII, XXI, XXIII, XXVI, nous est personnelle.

**Rethara VI (Rethara des jardins ouest de Marrakech,
dite Aïn Belagal).**

Elle prend naissance à 1 kilomètre au nord-nord-ouest du douar Menabba, suit d'abord une direction nord-ouest, s'infléchit vers le Nord-Est qui devient sa direction générale, croise la rethara VII tout près de l'origine de cette dernière, traverse la route des Aït Omnès à partir de laquelle elle devient seguia. Sous cette forme, elle accomplit un long parcours, reçoit la rethara VI *bis*, s'infléchit vers l'Est, se relève vers le Nord, traverse sous un ponceau la nouvelle route des camps militaires entre la bifurcation de cette route et le pont en dos d'âne, et finalement aboutit à un bassin en mauvais état situé le long du mur en ruines qui rejoint l'azib du Pacha Hamadi, à la muraille de la Mamounia. Elle quitte ce bassin et arrose la partie des jardins ouest qui est située contre la muraille de Marrakech. Ce qui reste de cette eau d'irrigation pénètre en ville par une seguia maçonnée en remblai à 1.500 mètres au nord de la Mamounia. Son débit est peu important, elle est à son arrivée en ville très souillée.

Rethara VIII (Jardins ouest du Gueliz).

Elle naît le long du mur est de la Menara, à l'intérieur de ce jardin et à 50 mètres de l'angle sud du mur Est. Elle le suit d'un bout à l'autre, tout en obliquant vers le Nord-Ouest, sort de la Menara, s'infléchit légèrement et aboutit dans des jardins à 1 kilomètre à l'ouest du Gueliz. En pénétrant dans ces jardins, elle devient seguia et sert à l'irrigation. Une de ses branches passe au voisinage de l'abattoir militaire du Gueliz et lui fournit l'eau nécessaire. C'est sur cette rethara que sont installées les prises d'eau qui alimentent la garnison de la Menara en eau potable. Son débit est assez abondant bien qu'elle soit très ancienne; elle a été l'objet de réfection importante et son parcours a été mis à ciel ouvert sur 250 mètres environ

**Rethara IX (Rethara de la tuerie de Bab-Rob,
dite Rethara Talkaditz).**

Elle naît à 800 mètres au sud-ouest du douar Menabba, prend la direction nord-nord-ouest, longe le bord ouest des jardins du douar Menabba, devient seguia profonde de 1 m. 50, au voisinage de la route des Aït Omnès, s'infléchit vers l'est, traverse la rethara VI *bis*, redevient rethara avec des puits profonds de 5 mètres. Sous cette forme prend la direction nord-nord-est en longeant la route de Goundafi. A 80 mètres de l'angle sud-est du charriage El Begar, elle tourne vers l'Est en côtoyant un contour de la seguia de rethara X, redevient seguia, se redresse vers le Nord, franchit la route de Tameslouth, s'infléchit vers l'Est, traverse presque au même endroit la seguia XI en passant sous elle et la rethara XVI, et vient aboutir à un petit bassin un peu au sud-ouest de la tuerie de Bab Rob. De ce bassin repart une seguia nord-nord-est qui pénètre dans le cimetière de Bab-Rob, le traverse un peu obliquement et finit par entrer en ville au voisinage et à l'est du tombeau de Sidi-Mimoun. Son débit est abondant, son eau est souillée surtout au voisinage de la ville.

Rethara X (Rethara de Bab-Rob).

Elle a deux origines : l'une au Sud et à 700 mètres, l'autre au Sud-Ouest et à 1 kilomètre du douar Menabba. Les deux branches se rejoignent à l'est-est-nord de ce douar, le tronc commun se dirige vers le Nord-Nord-Est, s'infléchit vers le Nord-Ouest, devient seguia un peu avant d'arriver à la route de Goundafi, traverse cette route sous un pont, puis la longe pendant 1.700 mètres, tourne légèrement vers le Nord et va atteindre le voisinage de l'angle sud-est du charriage El Begar pour y former un angle qui côtoie exactement un angle semblable indiqué pour la rethara IX. En direction nord-est, elle traverse la seguia XI en passant sous elle et va aboutir à un

marais situé à proximité de Bab-Rob. Cette rethara est intéressante par la longueur de son parcours sous forme de seguia. Son eau est très polluée.

Rethara XI (Rethara de la Mamounia) .

Elle naît par deux origines situées à 600 mètres l'une de l'autre, même méridien, à 1 kilomètre à l'est du douar Menabba. Les branches qui en résultent se dirigent vers le Nord-Ouest, puis se recourbent parallèlement vers le Nord pour se rejoindre. Le tronc qui en résulte a une direction exactement nord-sud. Après un parcours de plus de 4 kilomètres, il rejoint la route de Goundafi au voisinage de la seguia de rethara X. A ce moment, elle devient seguia, s'infléchit à plusieurs reprises, tantôt vers le Nord, tantôt vers le Nord-Est, traverse les seguias de rethara IX et X et vient aboutir dans une haute seguia maçonnée qui longe le bord ouest du cimetière de Bab-Rob en lui servant de clôture. Cette seguia pénètre dans la Mamounia par l'angle sud-ouest. Son débit est très abondant.

Rethara XIII

(Rethara de l'abreuvoir de la route Msala Chichaoua, dite rethara El Mella) .

Elle a deux origines. La branche la plus longue prend naissance à 1 kilomètre au sud du charriage El Begar, au bord d'un ancien charriage dont il ne reste que des ruines. Cette branche se dirige d'abord vers l'angle sud-est du charriage El Begar; à 400 mètres avant de l'atteindre, elle s'infléchit vers l'Ouest après un petit parcours le long de la seguia X et à l'est de celle-ci et va rejoindre l'autre branche à 200 mètres au sud de l'angle sud-ouest du charriage El Begar. L'autre branche vient du Sud et ne compte que quelques puits en très-mauvais état et obstruée. Le tronc commun prend une direction nord-ouest et va pénétrer dans les jardins ouest de Marrakech, à 150 mètres à l'ouest de l'azib du Pacha Hamadi. Elle traverse les jar-

dins du Sud au Nord, s'infléchit vers le Nord-Est, et 300 mètres avant d'atteindre la route de Msala Chichaoua devient seguia. Sous cette forme, elle passe au-dessus de la rethara XVI et va alimenter une sorte de mare qui sert d'abreuvoir et qui est située au bord de la route Msala Chichaoua, à 600 mètres de Bab Doukkala. Au sortir de cette mare, l'eau reprend son trajet en rethara, traverse la route obliquement vers l'Est, pénètre dans un jardin de cactus, et prenant une direction nord-est va s'épuiser dans les jardins de la ville. Le parcours de cette rethara est très difficile à repérer entre le charrige El Begar et les jardins, beaucoup de puits sont bouchés, d'autres ont un aspect tellement dégradé qu'on hésite à les attribuer à une rethara perméable. Un peu avant d'entrer dans les jardins, la conduite emprunte le cours d'une ancienne rethara. Son débit est peu abondant, son cours très lent, et à partir de la mare-abreuvoir, elle ne contient que très peu d'eau.

Rethara XIV (Rethara du Gueliz).

Elle naît au voisinage immédiat de la rethara VII, à 700 mètres à l'est de l'angle sud-est de la Menara, elle se dirige vers le Nord-Ouest, vers le charrige Kebir situé à l'est de ce domaine. A son voisinage elle reçoit une petite branche faite d'un seul puits et prend une direction nord-nord-ouest qui la conduit franchement dans la direction du cercle militaire du Gueliz. Elle traverse la route de Msala Chichaoua, devient seguia très profonde, passe au voisinage des fours à chaux et vient s'épuiser dans les jardins autour du cercle militaire. C'est sur cette rethara que sont disposés la pompe militaire et l'abreuvoir du camp du Gueliz. Elle est assez abondante; malheureusement, la plus grande partie de son eau se perd dans la seguia encombrée de vase. De plus, les indigènes des fours à chaux y jettent des ordures.

Rethara XV (Rethara de Sidi Moussa).

Elle a deux origines situées sur le même parallèle et à 600 mètres l'une de l'autre, dans les jardins de cactus situés au sud-ouest de l'ancienne sucrerie de l'aguedal. Les deux branches se rejoignent auprès du douar Lanah et à l'est de ce douar. Le tronc commun se dirige vers le nord, presque parallèlement au mur de l'aguedal et à 600 mètres de lui. Avant d'atteindre le niveau de Dar Beida, la rethara devient seguia, s'infléchit vers l'Est, reprend une direction nord-nord-est, rencontre un moulin en ruines. Elle en repart selon la même direction et alimente successivement quatre moulins. Finalement, elle vient se jeter dans les marais, près de Bab-Rob, après avoir irrigué une partie des champs situés à l'ouest de l'aguedal. De ce marais, qui reçoit déjà l'eau de la seguia X, partent deux seguias qui se croisent au voisinage de Bab-Rob, traversent l'une et l'autre le mur du cimetière, parcourent la partie est dans des seguias maçonnées, et finalement entrent en ville près du tombeau de Sidi Mamounia. C'est l'eau de ces seguias qui alimente pour la plus grande part les seguias qui longent la grande place devant la Koutoubia. Elle est très abondante et est bien entretenue, mais son eau est très souillée.

Rethara XVI (Rethara à l'est du camp du Gueliz, dite rethara Boulemez Derkaoua, ou encore rethara Arbaoui).

Elle naît sur la rive gauche et au voisinage immédiat de la grande seguia de dérivation d'El Bachia, un peu au sud de l'ancienne sucrerie, se rapproche du mur de l'aguedal dans la direction du fortin qui constitue l'angle sud-ouest de la muraille fortifiée. A ce niveau, elle a 16 mètres de profondeur. Immédiatement, elle se jette dans une autre rethara probablement plus ancienne et dont la profondeur est de 21 mètres.

Cette nouvelle rethara prend une direction nord-ouest, croise à peu près toutes les retharas ou seguias qui se dirigent vers Bab-Rob, pénètre dans les jardins ouest de Marrakech à mi-distance entre l'azib du Pacha Hamadi et la muraille de la ville et traverse ces jardins dans la direction du Gueliz. A 400 mètres avant d'atteindre la route de Msala Chichaoua, elle se transforme en seguia profonde. C'est sous cette forme qu'elle traverse la route, après quoi elle longe le mur est de Mertz el Hara, entremêlant son parcours avec celui de la rethara XIX, serpente le long du mur qui borde à l'Est les terrains vagues situés en avant du camp du Gueliz, traverse un bassin très envasé, et finalement alimente la seguia à l'est du Gueliz jusqu'au pied de la colline. Elle est très ancienne, mais bien réparée; son débit est important.

**Rethara XVII (Rethara des jardins de Sidi-Bel-Abbès)
(Rethara Koba).**

Elle naît le long du mur de l'aguedal, au niveau du fort^{on} précédemment cité, par deux branches très courtès encerclant un petit bassin en ruines. Le tronc commun se dirige vers le Nord-Ouest et arrive au voisinage de la ville, près de l'angle de la Mamounia, où elle devient seguia, puis seguia maçonnée, suit la muraille au nord de la Mamounia, tourne brusquement à l'Est, suit un petit aqueduc de quelques mètres et pénètre en ville, à 750 mètres au nord de l'angle de la Mamounia. A partir de ce point, le parcours de cette rethara devient très difficile à suivre; elle passe et repasse de chaque côté de la muraille, emprunte des kaddous que rien ne révèle à la surface, et l'on doit s'en remettre uniquement aux renseignements fournis par les amins et les Toudras.

Après avoir pénétré dans la muraille, elle ressort 600 mètres plus au Nord, à un angle droit formé par cette muraille, et après avoir suivi la base de cette muraille, à l'intérieur de la ville. A sa sortie elle est très large et baigne le pied du mur comme un fossé de fortifications. Son cours est encombré

d'herbes aquatiques et très lent. A l'angle correspondant au sud-ouest du Haras, la seguia disparaît et est remplacée par des kaddous qui alimentent une petite prise d'eau en face du Haras, puis un branchement qui traverse en rethara du Sud au Nord la route de Msala Chichaoua, à 40 mètres à l'ouest de Bab Doukkala, et arrose les jardins du Nord. A 50 mètres plus à l'est de cette même porte, on retrouve les kaddous de la conduite principale sur lesquels les habitants du quartier ont établi des prises d'eau. 500 mètres plus loin, la conduite trouve un mur et se divise : une branche de seguia va vers le Nord et arrose les jardins, une autre branche traverse un regard, envoie une branche dans l'intérieur de la ville, tandis que la plus grande partie de l'eau tombe dans une rethara qui suit le mur sur 400 mètres et finalement tourne au Nord et va arroser des jardins. Au passage de la route de Bab Khemis à Bab Doukkala, elle sert de prise d'eau aux habitants. Son débit est très abondant.

Rethara XX (Rethara de la partie ouest de l'aguedal).

Elle naît par deux branches : l'une prend son origine sur la rive droite de la seguia d'El Bachia, à 3 kilomètres au sud de l'aguedal, au douar Togana, l'autre débute à 400 mètres plus au Nord sur la rive gauche de la même seguia qu'elle franchit pour rejoindre la branche principale. Le tronc qui en résulte prend une direction nord-nord-est, traverse le mur sud de l'aguedal, côtoie à l'est l'angle sud-est de la poudrerie et se dirige vers un point situé un peu à l'ouest de l'angle sud-ouest du charrige d'El Hana. Un peu avant de l'atteindre elle devient seguia profonde, puis seguia maçonnée, suit à l'est la moitié sud du mur ouest du charrige d'El Hana, puis le traverse, le suit à l'Ouest et vient aboutir à une très grande conduite maçonnée qui suit du Sud au Nord le jardin du pavillon au sud de Dar Beida. Cette seguia communique avec des kaddous qui traversent la place du Mechouar et qui alimentent le Dar Maghzen en eau potable. Cette rethara est l'objet de

nombreux prélèvements de la part des riverains. Elle reçoit, de plus, de l'eau de la grande dérivation d'El Bachia. Son débit est abondant.

Rethara XXI (Rethara d'El Moïcine).

Elle a deux origines situées à 250 mètres l'une de l'autre, toutes deux au sud de l'aguedal, la plus courte à 500 mètres, la plus longue à 800 mètres du mur de l'aguedal. Ces deux branches se dirigent vers le Nord-Ouest-Ouest de façon à se rejoindre. Le tronc commun prend la direction nord-ouest, pénètre dans l'aguedal, le traverse obliquement et en sort au niveau du bord sud du charrige El Hana en passant sous le mur ouest. Il suit ensuite ce mur à l'extérieur, d'abord étroitement, puis à une quinzaine de mètres rentre dans l'aguedal à l'est du fortin du Camp des Convoyeurs, devient seguia dans le cimetière des esclaves du Sultan, s'infléchit vers l'Ouest et sort définitivement de l'aguedal le long du pilier sud de la porte dite réservée. A ce niveau, l'eau pénètre dans des kaddous qui se dirigent vers le Nord en longeant la muraille, alimentent une prise d'eau devant Bab Ksiba et aboutissent à une madda devant Bab-Rob. Un peu avant d'y arriver, il s'en détache une conduite qui amène l'eau à la mosquée d'El Mansour et à la fontaine qui en est voisine. De la madda de Bab Rob partent trois conduites : une à gauche alimente le quartier de Sidi Mimoun après avoir traversé le cimetière de Bab Rob; une à droite qui aboutit au Mellah en suivant le mur nord de la Kasbah et alimente les fontaines de Riad el Zitoun Djedid et Riad el Zitoun Redim et de la Kesseria; une troisième en brique traverse l'Arsa ben Driss et se continue jusqu'à la mosquée de Bab Doukkala dont elle alimente la grande fontaine. A sa sortie de l'Arsa ben Driss, elle émet sur la droite une canalisation qui distribue l'eau aux fontaines de Ksour et de Drept Ezzoukarin. Avant d'arriver à la mosquée de Bab Doukkala partent des canalisations qui alimentent les fontaines de Mouassin Riad el Arous, Sidi ben Sliman et la Zaouia

de Sidi-bel-Abbès. De la mosquée de Bab Doukkala, une conduite secondaire amène l'eau à Bab Doukkala. Cette rethara alimente par 40 fontaines environ la partie ouest de la Medina, une partie du Mellah et une partie de la Kasbah.

Rethara XXIII

(dite de l'abreuvoir Dar-Beida) (Rethara Aïn el Dar).

Elle naît par plusieurs branches, l'une est à 4 kilomètre au sud-est de Sidi-Embareck, l'autre à 350 mètres au nord-est du même point. La branche méridionale contourne à l'Est Sidi-Embareck et prend une direction nord-ouest, elle reçoit l'autre branche très courte et prend la direction nord-nord-ouest en se rapprochant de l'aguedal. 400 mètres avant d'y pénétrer, elle reçoit successivement à droite une petite branche de quelques puits, puis une branche plus importante venant du Sud-Est sur une longueur de 800 mètres. Après quoi, le tronc commun franchit le mur sud de l'aguedal à 160 mètres à l'ouest de l'angle sud-est, il se dirige un peu de biais vers le Nord-Est, traverse presque tout l'aguedal, suit le côté est du mur ouest du jardin du petit charrige et devient seguia dans le grand jardin enclos situé au nord-est de Dar-Beida. Cette seguia serpente quelques centaines de mètres à travers les herbes et pénètre dans une seguia maçonnée près de l'antenne de T. S. F. et aboutit à l'abreuvoir de Dar-Beida. Au moment où elle devient seguia maçonnée, elle a fourni une branche importante mais peu visible qui par des kaddous va alimenter deux prises d'eau situées le long et au nord du mur nord de l'huilerie. A chacune de ces prises correspond une longue ligne de kaddous qui, du Sud au Nord, traverse tout le jardin nord-est de l'aguedal et dont le parcours est jalonné de regards. Chacune de ces lignes aboutit au Dar Maghzen. Elle est très profonde et très abondante. Elle a servi à l'alimentation des troupes pendant leur séjour à l'aguedal.

Rethara XXIV (Rethara de l'aguedal).

Elle naît au voisinage de la plus lointaine origine de la rethara XXIII, à 1 kilomètre au sud-est de Sidi Embareck. Après une courbe vers le Nord-Ouest, elle se dirige vers le Nord et pénètre dans l'aguedal à 80 mètres à l'ouest de l'angle sud-est, alimente une prise d'eau à l'azib (1) situé à l'angle nord-est du jardin sud et habité par les esclaves du sultan, devient seguia dans le jardin au sud du petit charrige et s'épuise dans le jardin de ce charrige. Son débit est peu abondant.

Rethara XXV (Rethara de la Baïa).

Elle naît à un point assez rapproché de la rethara XXIV, à 1 kilomètre au sud du douar Zemrane, contourne ce douar vers l'ouest et prend la direction nord-nord-ouest. A la hauteur du charrige El Hana, elle devient seguia, continue sa route et vient se jeter dans un bassin couvert situé à 150 mètres à l'est de Bab Amar. Sur le bassin se branchent des kaddous qui pénètrent dans le grand cimetière de Bab Rematt, au voisinage de son angle sud-ouest, le traverse et pénètre en ville pour aboutir à la Baïa. Sur tout ce dernier parcours se trouvent des regards en maçonnerie dont deux situés de chaque côté du mur sud du cimetière. Cette rethara est très longue, 8 kilomètres, dont 3 1/2 de seguias ou de kaddous. Son premier puits a 28 mètres de profondeur. Son débit est assez abondant, mais ne répond pas à la longueur et à l'importance de la rethara. Les Marocains affirment que son débit a été de cinq à six fois plus important. Elle reçoit par les regards situés au voisinage du mur sud du cimetière de l'eau provenant de la seguia Tasseltant et peut-être de la rethara XXVII.

(1) Azib, ferme ou mieux village ou partie de village dont les habitants sont de père en fils concédés par le sultan à un chérif ou à sa descendance pour prélever sur eux l'aumône légale et toutes les redevances de la suzeraineté.

Rethara XXVI (de l'est de la ville dite Aïn el Baraka).

Elle naît à 700 mètres au nord-nord-est du douar Zemrane, se dirige vers l'angle sud-est de l'aguedal, passe à 250 mètres à l'est de cet angle, longe la muraille est à une quarantaine de mètres; à 500 mètres au sud de Bab Amar, elle devient seguia, puis seguia maçonnée de 0,25 à 0,40 centimètres de hauteur pendant 1 kilomètre environ, suit le rempart est du quartier de Bab Amar, traverse le cimetière de Bab Rematt en suivant le mur est du cimetière juif pour aboutir au mur sud de la Medina, dans une madda d'où partent deux kaddous, l'un à gauche va vers le quartier de Benchegra et se termine à Dar Si Said, l'autre à droite va à Bab Rematt et se termine à Bab Aïlen. Sur le parcours de cette dernière partent deux canalisations, l'une à gauche qui alimente le quartier de Sidi Youb et de Drebt el Habachim, l'autre à droite, plus importante, qui alimente les quartiers de Bab Aïlen, Kesseria, Moukhef, Aïts Soura, et Assoul. La rethara d'Aïn et Baraka distribue de l'eau à 25 fontaines environ et alimente ainsi la moitié est de la ville de Marrakech.

Rethara XXIX (Rethara de Bab Rematt).

Elle naît au voisinage et à l'ouest des jardins de Sidi ben Amar par deux branches qui se rejoignent à 600 mètres au nord-ouest de l'angle nord-ouest de ces jardins, prend une direction nord-ouest, passe à l'ouest et au ras du mur de Merz el Hadj Hamadi. Après avoir dépassé cet azib, elle devient seguia, traverse deux fois en passant au-dessus la rethara XXVIII, la suit et va aboutir au voisinage de l'angle sud-est du grand cimetière. Là elle alimente un moulin sous lequel elle redevient rethara pour quelques puits, redevient seguia profonde, passe à l'Ouest et tout près du douar Mesquine, fléchit légèrement vers l'Est et pénètre à l'est de Bab Rematt.

Rethara XXXII (Rethara de la rive droite de l'oued Issil).

Elle naît par deux branches sur la rive droite de l'oued Issil au niveau de la porte de Bab Amar, suit la berge de l'oued jusqu'au niveau et va s'épuiser dans les jardins nord-ouest. Cette rethara très ancienne n'alimente la ville que par quelques puits au niveau de Bab Debbar. Son débit est abondant. (Voir tableau ci-après p. 56-57.)

Valeur alimentaire de l'eau des retharas.

Les retharas prennent naissance dans la nappe phréatique universellement existante dans les plaines d'alluvions, alimentée par les pluies locales qui tombent sur le sol perméable, immédiatement superposé à la nappe et par les pluies lointaines et les ruissellements absorbés au pied de l'Atlas. Si nous examinons les résultats analytiques au point de vue minéralisation, nous pouvons classer l'eau des retharas dans la catégorie des eaux potables; sa composition probable est voisine de la suivante :

Silice	0,017
Fer et alumine	0,003
Carbonate de chaux	0,188
Carbonate de magnésie	0,080
Chlorure de sodium	0,102
Chlorure de magnésium	0,036
Sulfate de chaux	0,060

Elle est limpide, relativement fraîche, son degré hydrotimétrique ne dépasse pas 30, son résidu minéral est aux environs de 500 milligrammes, de même les autres constantes sont dans les conditions exigées pour une eau potable. Au point de vue potabilité, la présence de nitrites, le taux exagéré de matières organiques en solution alcaline, les analyses micrographiques (2) qui ont permis d'y signaler la présence de

(2) Le médecin-major Chambelland y a identifié des amibes, des infusoires, des anguillules, des œufs d'ascaris lambricoïdes, des œufs de tœnia, d'oxyures.

fibres animales, d'amibes, d'œufs de parasites, et surtout les analyses bactériologiques nous permettent de classer cette eau parmi les eaux mauvaises. Il ne pouvait en être autrement, cette eau est exposée à des causes multiples de contamination, les puits qui se succèdent à des intervalles très courts sont sans protection efficace; au bout d'un certain temps l'orifice affecte la forme d'un entonnoir et les eaux de précipitations atmosphériques y entraînent toutes les souillures environnantes, pas de périmètre de protection, et s'il est vrai que 28 mètres de terrain détritiques ou sablonneux sont suffisants pour assurer un filtrage efficace, au moment où elles se transforment en seguias de retharas, la nappe phréatique est à peine à quelques mètres du sol. Certaines retharas sont à demi effondrées et l'eau court au fond d'une tranchée ouverte où viennent se déverser les eaux de surface et les eaux d'irrigation. Certains puits servent de tout-à-l'égout et il n'est pas rare d'y rencontrer des cadavres d'animaux. Près des portes de la ville, les seguias de retharas sont encore plus souillées, les Marocains s'y baignent, y lavent leur linge, la laine des troupeaux, les entrailles des animaux abattus, y jettent les ordures. Enfin les plus importantes traversent les cimetières, et à l'intérieur de la ville les canalisations plus ou moins étanches voisinent avec les égouts, dont l'étanchéité est un mythe. En somme, l'eau des retharas, bonne au point de vue minéralisation, est à son origine déjà suspecte et en ville elle est extrêmement souillée.

Elle n'est utilisée par la colonie européenne et par la garnison qu'après épuration.

	EAU DE RÉTHARA						
	RÉTHARA X	RÉTHARA XI	RÉTHARA XV	RÉTHARA XVI	RÉTHARA XVII	RÉTHARA XX	RÉTHARA XXI
Date du prélèvement	7 Juill.	7 Juill.	29 Juin	29 Juin	29 Juin	3 Déc.	27 Ju
Caractères Physiques :							
Limpidité	P. I.	Limp.	Limp.	Limp.	Limp.	Limp.	Limp.
Couleur	Incol.	Incol.	Incol.	Incol.	Incol.	Incol.	Incol.
Odeur	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle
Saveur	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible
Température ambiante.....	32°	28°	22°	22°	22°	14°	20°
Température de l'eau.....	22°	22° 5	21°	21°	21°	21°	22°
Evaluation de la matière organique en O (1) :							
En solution acide.....	1	0.5	1.6	2.2	2.4	1.4	2.
En solution alcaline.....	1.5	0.8	1.8	2.4	1.8	0.2	1.
Azote :							
Ammoniacal en Az.....	0.110	0.099	0.045	0.076	0.116	0	1.4
Albuminoïde en Az.....	0.045	0.056	Traces	0.023	0.063	0.007	0.3
Nitreux en N ² O ³	0.4	6	Traces	Traces	Traces	0	0
Nitrique en N ² O ⁵	6.5	5	7	4	6	2	4
Acide phosphorique en P ² O ⁵	Traces	0	0	Traces	Traces	0	0
Résidu à 110°.....	448	504	478	616	628	564	18
Résidu après calcination.....	260	402	310	494	422	343	23
Chlore en Cl.....	408	421	415	479	484	449	20
Acide sulfurique en SO ³	25	26	35	38	33	29	23
Silice	32	30	27	36	38	25	38
Chaux en Cao.....	99	110	132	140	116	92	96
Magnésie en MgO.....	36	35	58	52	61	36	33
Fer et alumine.....	3	2	3	3	3	4	1
Degré hydrotimétrique total.....	18°	20°	20°	24°	22°	24°	23°
Degré hydrotimétrique permanent.....	8°	9°	8°	9°	9°	10°	9°
Degré alcalimétrique Bonjean.....	215	203	215	293	245	220	28
Examen bactériologique :							
Numération par CC ³	25,000	35,000	20,000	15,000	6,000	3,000	21.0
Spécification :							
Moississures	90	70	50	75	3	15	12
Bactéries de la putréfaction.....	4	15	8	10	1	0	7
Colibacilles	4,500	4,000	4,000	3,500	700	450	1.3
Espèces spirillaires.....	Prés.	Prés.	Prés.	0	0	0	0
Conclusions :							
basées à la fois sur l'analyse chimique et l'examen bactériologique.....	Mauv.	Mauv.	Mauv.	Mauv.	Mauv.	Mauv.	Mauv.

(1) Les résultats sont exprimés en milligrammes.

IX

SEGUIAS DE DERIVATION (1).

Les principaux cours d'eau qui arrosent la plaine de Marrakech et dont l'eau sert à l'alimentation et à l'irrigation des environs immédiats de la ville sont : l'oued Reraïa, l'oued N'fis, l'oued Ourika, qui descend du sommet élevé du Djebel Limkount et se jettent dans l'oued Tensift. L'eau en est amenée à Marrakech par de grandes seguias de dérivation qui prennent naissance au point où commence la grande plaine et avant qu'ils ne soient complètement épuisés au cours de leur cheminement. Le système d'irrigation des Marocains absorbe la presque totalité de l'eau des oueds au point que l'oued Ourika, qui en temps normal a de 0 m. 80 à 1 mètre de profondeur, est parfois presque à sec. Les grandes seguias de dérivation qui alimentent la ville ou les abords immédiats sont la seguia d'El Bachia, le seguia Tasseltant, le seguia Targa, la seguia de Bouadmit, la seguia Tarzout, la seguia Igli, la seguia Askejour. Presque toutes naissent à l'extrême limite de la plaine de Marrakech et la traversent en accomplissant un parcours extrêmement sinueux. Ce sont de grands canaux, d'une largeur moyenne de 2 mètres, de profondeur variable, à courant très rapide et à débit intermittent selon les saisons et l'importance des détournements en cours de route. Elles sont de création récente; elles ont été creusées sur l'ordre de Moulay-aber-Rhaman-II qui régna de 1822 à 1859. Leur utilisation a été

(1) Voir planche VIII.

de sa part l'objet de prescriptions nettement définies, prescriptions qui ont encore d'ailleurs force de lois. C'est ainsi que les riverains avaient droit par temps de sécheresse à l'eau suffisante pour une récolte et pour empêcher la mort des olive-
raies et qu'il était créé de chaque côté de la seguia un périmètre de protection égal à 25 foulées de cheval au galop dans lequel il était interdit de cultiver et de se livrer à tout travail d'irrigation. Ces prescriptions ont été perdues de vue pendant la période de trouble qui a marqué le règne d'Abd-ul-Aziz et de Moulay-Hafid et les bords de la seguia d'El Bachia, étaient en 1913, recouverts de culture et d'habitations pour le plus grand profit des riverains, mais au grand dommage du débit de la Bachia. En 1913, année de sécheresse il est vrai, par suite de détournements, la seguia d'El Bachia ne donnait qu'un mince filet d'eau et la Tasseltant était tarie.

Seguia d'El Bachia.

Elle prend naissance sur la rive droite de l'oued Reraïa, à 800 mètres en amont du lieu dit Tahagnaout. Sa direction est nord-sud et son parcours est d'environ 35 kilomètres en ligne droite. Un peu avant son arrivée à proximité de Marrakech, elle actionne une douzaine de moulins, pénètre dans l'aguedal par le mur ouest, se divise en plusieurs branches, fournit une partie de l'eau de l'hôpital, alimente le grand charriage El Hana, le charriage El Serir, le Dar Maghzen, résidence du Sultan, la partie sud de la Casbah, le quartier Bérîma et une fontaine du Mellah. Son débit est de 200 litres par seconde.

Seguia Tasseltant.

Elle prend naissance sur la rive gauche de l'oued Ourika, au lieu dit Dar Ourika. Sa direction est nord-sud et son parcours d'environ 40 kilomètres; elle actionne un certain nombre de moulins; à 5 kilomètres au sud de l'aguedal, elle envoie vers l'Ouest une branche secondaire dite Agafaï Serira, puis,

quelques centaines de mètres plus loin, se divise en deux branches, l'une dite Chouerb arrose les cultures sud-est de Marrakech, l'autre dite Agafaï Keriba arrose les cultures nord-ouest, après avoir traversé sur un petit aqueduc la segua d'El Bachia. C'est cette dernière branche qui alimente le charriage El Begar. Son débit est le même que celui de la segua El Bachia, 200 litres par seconde.

Segua Targa.

Segua de dérivation de l'oued N'fis, elle alimente tout un réseau de canaux au sud-ouest de Marrakech. L'une des branches pourrait facilement servir à alimenter la ville européenne de Gueliz. Le service des Ponts et Chaussées a procédé à la réfection de cette segua, et son débit est de 400 litres à la seconde. (Voir tableau ci-après, p. 61.)

Valeur alimentaire de l'eau des seguias de dérivation.

Au point de vue minéralisation, nous pouvons classer les eaux de seguias de dérivation parmi les eaux médiocres; à la saison des pluies, les seguias roulent une eau rougeâtre, limoneuse et abandonnent un dépôt assez volumineux. La segua d'El Bachia laissait encore, quatre jours après la cessation des pluies de janvier, un résidu de 1 gr. 048 par litre. Au point de vue potabilité, on ne peut que répéter ce qui a été dit pour les retharas, malgré une auto-épuration continue favorisée par un courant rapide, l'eau des seguias est extrêmement souillée sur tout son parcours, elle l'est au maximum aux abords de la ville. Elle n'est consommée qu'après épuration.

	EAU DE SEGUIA (Marrakech)		
	Seguia del Bachia. Dérivation de l'Oued Reraia.	Seguia Tasseltant. Dérivation de l'Oued Ourika.	Seguia de dérivation de l'Oued N'fis. Prélèvement fait on la dérivation coupe la route de Mogador.
Date du prélèvement.....	29 Juin 8 heures	3 Déc. 11 heures	9 Juillet 15 heures
Caractères Physiques :			
Limpidité	Trouble	Trouble	Peu Limp.
Couleur	Lég.rouge	Lég.rouge	Incolore
Odeur	Nulle	Nulle	Nulle
Saveur	Terreuse	Terreuse	Faible
Température ambiante.....	22°	20°	38°
Température de l'eau.....	20°	17°	30°
Evaluation de la matière organique en O (1) :			
En solution acide.....	2,9	1,6	2,5
En solution alcaline.....	3,6	0,4	2
Azote :			
Ammoniacal en Az.....	0,118	0,076	0,102
Albuminoïde en Az.....	Traces	Traces	Traces
Nitreux en N ² O ³	Traces	0	0,09
Nitrique en N ² O ⁵	2	0,1	1
Acide phosphorique en P ² O ⁵	0	0	0
Résidu à 110°.....	376	174	322
Résidu après calcination.....	232	116	214
Chlore en Cl.....	112	35	70
Acide sulfurique en SO ³	28	11	18
Silice	14	16	18
Chaux en Cao.....	75	38	72
Magnésie en MgO.....	21	7	17
Fer et alumine.....	2	10	3
Degré hydrotimétrique total.....	18°	9°	14°
Degré hydrotimétrique permanent.....	5°	4°	8°
Degré alcalimétrique Bonjean.....	142	105	157
Examen bactériologique :			
Numération par CC ³	80,000	110,000	100,000
Spécification :			
Moisissures	100	70	60
Bactéries de la putréfaction.....	40	30	50
Colibacilles	6,000	5,000	5,600
Espèces spirillaires.....	Prés.	Présence	0
Conclusions :			
basées à la fois sur l'analyse chimique et l'examen bactériologique	Mauv.	Mauvaise	Mauvaise
(1) Les résultats sont exprimés en milligrammes.			

X

LES PUITES

1° PUITES DE LA VILLE INDIGÈNE. — Les puits existent en assez grand nombre; quelques-uns sont utilisés par les indigènes, leur profondeur et leur niveau sont variables, leur niveau baisse presque toujours en été. L'eau de ces puits, exposée à des contaminations de toutes sortes, est très souillée. La nappe phréatique qui les alimente est elle-même déjà contaminée. Une des causes les plus graves de contamination est l'existence d'égouts sans étanchéité et en communication avec la nappe aquifère. Le grand égout ou Oued El Kébir, construit en briques et ayant comme dimensions 1 mètre de hauteur sur 0 m. 50 de largeur, parcourt la ville sur une longueur de 1.300 mètres, à une profondeur de 4 à 5 mètres et va se perdre dans les jardins au nord de la ville. L'égout de la Bahia parcourt la ville sur une longueur de 1.200 mètres et va se jeter dans l'oued Issil. L'égout de Dar Maghzen se perd dans les jardins, à l'ouest de la Koutoubia. L'égout de Riad el Zitoun va se terminer, après un parcours de 300 mètres, dans un puits perdu situé place Djemaa el Fna. Tous ces égouts sont plus ou moins obstrués et leur étanchéité véritablement illusoire. Dans les quartiers sans égout, des puits perdus reçoivent les matières usées, l'eau des bains maures, les eaux résiduelles des tanneries. La nappe phréatique est si souillée que, sur les bords de l'oued Issil, il existe certaines résurgences émettant une eau infecte.

2° Puits de la ville européenne et des camps militaires. —
 Au pied du Djebel Gueliz, soulèvement schisteux situé au nord-ouest de Marrakech, dans la partie occupée par les camps militaires et près des terrains réservés à la future ville européenne, le service du génie a fait creuser une série de puits destinés à alimenter les troupes en eau potable. En 1916, ces puits étaient au nombre de 26. En voici la nomenclature :

N ^{os} des PUITS	POSITION DANS LE CAMP	HAUTEUR au NIVEAU de la margelle	HAUTEUR de L'EAU le 2 octobre 1914	TYPES de POMPES en service	OBSERVATIONS
		m. c.	m. c.		
1	Intendance.....	18 50	0 60	Lemaire.	Puits dans une réthara.
2	Intendance.....	14 60	1 00	Durcy-Sohy.	
3	Intendance.....	11 50	0 50	Lemaire.	
4	Bataillon territorial.	10 60	1 50	Durcy-Sohy.	
5	Bataillon territorial.	8 50	0 80	Noël.	Pas de pompe.
6	Infirmerie.....	9 90	0 90	Durcy-Sohy.	
7	Infirmerie.....	9 50	0 80	Durcy-Sohy.	
8	Ambulance mobile...	9 80	0 80		
9	Artillerie.....	10 50	0 90	Lemaire.	Pas de pompe.
10	Artillerie.....	10 70	1 00	Durcy-Sohy.	
11	Troupes marocaines.	10 40	1 20	Durcy-Sohy.	
12	Tirailleurs sénégalais	11 00	1 00		
13	Tirailleurs sénégalais	9 40	1 40		Pas de pompe.
14	Conducteurs.....	10 00	1 50		Pas de pompe.
15	Artillerie (près cercle des officiers).....	10 40	1 10	Durcy-Sohy.	Pas de pompe.
16	Cercle des officiers...	10 50	1 90	Durcy-Sohy.	
17	Zouaves.....	10 20	1 00	Letestu.	
18	Cercle des s/officiers.	9 80	1 80	Durcy-Sohy.	
19	Conseil de guerre...	9 60	0 70	Durcy-Sohy.	Pas de pompe.
20	Génie.....	9 50	1 00		
21	Infirmerie-ambulance	10 00	2 00	Sera muni d'une pompe à manège.	
22	Nouveaux bâtiments (face sud).....	9 00			
23	Nouveaux bâtiments (face sud).....	10 00		Moulin à vent.	A poser.
24	Intendance.....	20 00		Pompe chaîne hélice.	Paré à fourrages.
25	Intendance.....	21 00		Pompe chaîne hélice.	T. S. F.
26	127 ^e territorial.....	10 00		Pompe à manège.	

L'eau des puits nos 2, 4, 6, 9, 10, 12, 14, 17, 21 a été analysée.

EAU DE PUIS : MARRAKECH. — CAMP DU GUÉLIZ									
	Puits n° 2. — INTENDANCE au niveau de la margelle : 18m50 hauteur d'eau : 1 mètre.	Puits n° 4. — Bœ TERRITORIAL. au niveau de la margelle : 10m60 hauteur d'eau : 1m50.	Puits n° 6. — INFIRM - AMBUL. au niveau de la margelle : 9m90 hauteur d'eau : 0m00.	Puits n° 9. — ARTILLERIE Profondeur au niveau de la margelle : 10m50 hauteur d'eau : 0m00.	Puits n° 10. — ARTILLERIE profondeur : 10m70 hauteur d'eau : 1 mètre.	Puits n° 12. — TRAILLERS SÉNÉGALAIS profondeur : 11 mètres hauteur d'eau : 1 mètre.	Puits n° 14. — CONDUCTEURS ALGÉRIENS profondeur : 10 mètres hauteur d'eau : 4m50.	Puits n° 17. — Bœ le RÉSERVE de la COLONIA hauteur au niveau de la margelle : 4m20 hauteur d'eau : 1 mètre.	Puits n° 21. — INFIRM - AMBUL. profondeur : 10 mètres hauteur d'eau : 2 mètres.
Date du prélèvement :	22 Nov. 8 heures	13 Nov. 9 heures	8 Nov. 10 heures	Décembre	Décembre	Décembre	Décembre	16 Nov. heures	Janvier
Caractères Physiques :									
Limpidité	Limpide	Limpide	Limpide	Limpide	Limpide	Limpide	Limpide	Limpide	Limpide
Couleur	Incolore	Incolore	Incolore	Incolore	Incolore	Incolore	Incolore	Incolore	Incolore
Odeur	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle
Saveur	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible
Température ambiante.....	16°	17°	18°	12°	13°	10°	11°	11°	9°
Température de l'eau.....	22°	22°	23°	21°	21°	22°	21°5	21°5	21°
Evaluation de la matière organique en O ⁽¹⁾									
En solution acide.....	0,8	0,6	1,6	0,9	0,7	1,2	2,6	5,8	0,5
En solution alcaline.....	2,2	0,8	0,8	1,3	0,7	1,4	1,8	2	0,8
Azote :									
Ammoniacal en Az.....	0	0	0	0,0	0	0,05	0	0	0
Albuminoïde en Az.....	0,027	Traces	0	0,13	0,03	0	0,5	0	0
Nitrique en N ² O ³	0	Traces	0	Traces	0	Traces	0,02	0	Traces
Nitrique en N ² O ⁵	0,2	0,3	0,2	0	0,1	0,2	0,2	1,3	0,3
Acide phosphorique en P ² O ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Résidu à 110°.....	763	1146	817	910	805	1.005	918	1.084	1.010
Résidu après calcination.....	548	788	428	577	547	659	417	746	855
Chlore en Cl.....	220	310	213	201	210	190	213	320	202
Acide sulfurique en SO ³	42	45	48	41	41	40	48	39	88
Silice	23	25	30	27	25	21	36	31	25
Chaux en Cao.....	114	93	117	102	110	111	115	124	112
Maqnésie en Mgo.....	47	99	77	90	78	82	75	92	85
Fer et alumine.....	13	11	10	9	10	9	9	6	10
Degré hydrotimétrique total.	34°	46°	42°	43°	44°	43°	41°	48°	42°
Degré hydrotimétrique permanent	16°	26°	18°	19°	19°	19°	20°	28°	18°
Degré alcalimétrique Bonjean	295	370	355	368	375	352	350	370	362
Examen bactériologique :									
Nuération par CC ³	25 000	15 000	5 000	19 500	8 000	15 000	18 000	35 000	70 000
Spécification :									
Moisissures	5	12	10	10	2	23	11	80	90
Bactéries de la putréfaction	4	2	0	5	0	3	7	14	22
Colibacilles	2 000	1 500	500	2 000	750	2 000	2 700	3 000	3 000
Espèces spirillaires.....	0	0	0	0	0	0	0	Présence	Présence
Conclusions :									
basées à la fois sur l'analyse chimique et l'examen bactériologique.....	Mauvaise	Mauvaise	Mauvaise	Mauvaise	Mauvaise	Mauvaise	Mauvaise	Mauvaise	Mauvaise

(1) Les résultats sont exprimés en milligrammes.

Valeur alimentaire de l'eau des puits.

1° Puits de la ville indigène. — Ce que nous avons dit plus haut suffit amplement à devoir faire interdire l'emploi de cette eau aux Européens, les indigènes eux-mêmes l'utilisent très rarement. Elle sert surtout pour la voirie.

2° Puits des camps militaires et de la ville européenne. — L'eau des puits n^{os} 2, 24, 25 paraît avoir la même origine que l'eau des retharas, la profondeur des puits et les résultats analytiques suffisamment rapprochés paraissent l'indiquer tout en tenant compte de la proximité du massif du Djebel Gueliz. Les autres puits paraissent s'alimenter à une nappe phréatique moins profonde. Leur profondeur n'excède pas 11 mètres, les résultats analytiques sont nettement différents, le degré hydro-timétrique dépasse 40 et la teneur en sels calcaires et magnésiens se ressent du voisinage des calcaires carbonifériens qui constituent en partie le Djebel Gueliz. Au point de vue minéralisation, nous devons classer cette eau parmi les eaux médiocres; au point de vue potabilité, elle n'est pas meilleure que celle des retharas. L'eau de la nappe phréatique est trop peu profonde et est exposée à recevoir les eaux de surface imparfaitement épurées, les schistes gréseux et calcaires carbonifériens qui constituent le massif voisin se prêtent assez mal à une filtration parfaite et peuvent présenter des fissures permettant la contamination du sous-sol. De plus, pas de périmètre de protection bien que ces puits soient en partie maçonnés et munis d'une margelle et d'une pompe. Cette eau n'est consommée qu'après épuration.

XI

VALEUR ALIMENTAIRE DE LA NAPPE PHREATIQUE

En présence de tels résultats, les services municipaux, désireux d'augmenter les ressources de la ville en eau de rethara et de doter la future ville européenne en eau potable, firent exécuter quelques travaux préliminaires destinés à les renseigner sur la valeur alimentaire de l'eau de la nappe phréatique et sur la possibilité d'étudier un projet d'adduction d'eau potable ayant comme base le principe des retharas. Dans ce but, trois nouveaux puits furent creusés :

1° Un puits de 24 mètres de profondeur, situé près de la sucrerie du Sultan, au sud de l'aguedal, puits muni d'une pompe Lemaire à doubles godets;

2° Un puits de 27 mètres de profondeur, situé à 50 mètres environ à l'ouest du douar Menaba, puits muni d'une pompe Lemaire à doubles godets;

3° Un puits de 29 mètres de profondeur, situé à l'est de l'aguedal, à 200 mètres environ de l'extrémité sud, puits muni d'une pompe Lemaire à godet simple.

Chaque puits fut ensuite épuré par le procédé suivant dit procédé à la chaux : 10 kilos de chaux vive furent éteints dans 40 litres d'eau et le mélange projeté dans le puits; après trois jours de repos, le puits fut vidé. Les prélèvements faits ensuite à la pompe ont donné les résultats suivants :

	PUITS CREUSÉS par les SERVICES MUNICIPAUX.		
	Puits creusé près de l'an- cienne sucrerie. Profondeur 24 mètres Hauteur d'eau 4 mètre.	Puits creusé à l'est de l'Aguada. Profondeur 29 mètres Hauteur d'eau 1 m. 10.	Puits creusé à l'ouest du douar Menaba. Profondeur 27 mètres Hauteur d'eau 0 m. 90.
Date du prélèvement.....	Mars 1915	Mars 1915	Mars 1915
Caractères Physiques :			
Limpidité	Limp.	Limp.	Limp.
Couleur	Incol.	Incol.	Incol.
Odeur	Nulle	Nulle	Nulle
Saveur	Faible	Faible	Faible
Température ambiante.....	19°	19°	19°
Température de l'eau.....	20°	20°	20°
Evaluation de la matière organique en O (1) :			
En solution acide.....	1,2	2,2	1,8
En solution alcaline.....	0,8	1,3	?
Azote :			
Ammoniacal en Az.....	0	0	0
Albuminoïde en Az.....	Traces	Traces	0
Nitreux en N ² O ³	Traces	0	0,5
Nitrique en N ² O ⁵	Traces	0,1	1,5
Acide phosphorique en P² O⁵.....	0	0	0
Résidu à 110°.....	»	»	»
Résidu après calcination.....	»	»	»
Chlore en Cl.....	159	121	145
Acide sulfurique en SO ³	»	»	»
Silice	»	»	»
Chaux en Cao.....	»	»	»
Magnésie en Mgo.....	»	»	»
Fer et alumine.....	»	»	»
Degré hydrotimétrique total.....	»	»	»
Degré hydrotimétrique permanent.....	»	»	»
Degré alcalimétrique Bonjean.....	»	»	»
Examen bactériologique :			
Numération par CC ³	6.500	8.000	11.000
Spécification :			
Moisissures	2	0	20
Bactéries de la putréfaction.....	6	0	0
Colibacilles	650	1.000	800
Espèces spirillaires.....	0	0	0
Conclusions :			
basées à la fois sur l'analyse chimique et l'examen bactériologique	Mauvaise	Mauvaise	Mauv
(1) Les résultats sont exprimés en milligrammes.			

Valeur alimentaire de l'eau des puits creusés par les services municipaux.

Ces analyses nous donnent une idée de la valeur alimentaire de la nappe phréatique qui alimente les retharas. Le procédé de désinfection à la chaux ne donnant des résultats satisfaisants que lorsque les puits sont souillés accidentellement par le versement direct des matières organiques, la présence de nitrites, le taux des matières organiques en solution alcaline, les résultats des analyses bactériologiques indiquent une contamination relevant de la nappe elle-même.

XII

EAUX D'ALIMENTATION DE L'HOPITAL MAISONNAVE

Nous avons réservé un chapitre spécial à l'eau de l'Hôpital Maisonnave, car nous trouvons là un exemple typique du système d'adduction et de distribution employé par les Marocains.

Origine. — L'eau d'alimentation de l'Hôpital Maisonnave a trois origines différentes :

- 1° L'eau de la rethara XX en activité;
- 2° L'eau de la rethara XXII actuellement en réparation;
- 3° L'eau d'une dérivation secondaire de la seguia d'El Bachia.

Une description détaillée de la rethara XX a été donnée au chapitre des retharas, ainsi que les résultats analytiques.

La rethara XXII naît à 1.800 mètres au sud-ouest du marabout de Sidi Embarek, se dirige vers la porte sud de l'aguedal, pénètre dans le jardin non fortifié où elle dessine une boucle assez prononcée et vient s'accoler à la rethara XX au point B, reçoit en V l'eau de la dérivation secondaire d'El Bachia, reçoit en A la majeure partie de l'eau de la rethara XX, traverse au point C la rethara XX, et, passant au-dessous, se dirige vers le moulin Z qu'elle actionne, reçoit en T une dérivation intermittente d'El Bachia, et se continue à partir du point D par une seguia maçonnée qui vient se terminer en O au pavillon dit des journalistes, après avoir traversé le petit bassin F. (Voir planche I, planche II et planche III, figures 1 et 2).

La dérivation secondaire de la seguia d'El Bachia prend naissance au point H, elle traverse la rethara XX, suit une route sensiblement parallèle à cette dernière, donne naissance au point P à une branche qui sert à alimenter le grand bassin, traverse la rethara XXII, continue sa route vers le Nord, donne naissance au point I à une dérivation qui vient se jeter au point V dans la rethara XXII, puis au point N à une deuxième dérivation intermittente qui sert à l'irrigation de cette partie du jardin et dont le trop-plein vient se déverser au point T dans la rethara XXII, continue sa route vers le Nord en suivant le bord du grand bassin, traverse le moulin situé à l'extrémité du grand bassin, l'ancien abattoir de l'aguedal, les jardins, puis les jardins de l'hôpital, et va alimenter en eau le méchouar et l'un des quartiers indigènes du méchouar. (Voir planche II, planche III, figure 1). Du point F, part à angle droit, dans la direction du mur est du jardin, une double canalisation en F « kaddous » (tuyaux en terre cuite).

Cette double canalisation, indépendante l'une de l'autre, disposition qui permet d'avoir toujours de l'eau lorsque l'une est hors de service, bouchée ou en réparation, après avoir fait un nouveau crochet à angle droit, traverse, en longeant le mur qui borde le grand couloir, une série de cubes en maçonnerie ou « madda » et vient aboutir à une madda située dans l'angle sud-est du jardin des contagieux, d'où part tout le système de distribution d'eau des pavillons des jardins, et enfin à une dernière madda qui distribue l'eau à toutes les parties du palais de l'aguedal (planche IV).

Distribution des prises d'eau. — Ces cubes en maçonnerie ou « madda » spéciales à la région de Marrakech, dont la construction est basée sur le principe des vases communicants, permettent de conserver à l'eau sa pression et son niveau d'origine tout en s'élevant sensiblement au-dessus du sol. Une légère modification dans la construction permet de les transformer en répartiteurs et leur élévation au-dessus du sol rend plus facile la distribution de l'eau dans toutes les directions, qu'il s'agisse de jardins ou de lieux habités.

Les « maddas », situées sur le parcours de la double canalisation partant du point F qui dessert l'hôpital, appartiennent à trois modèles légèrement différents. Les premières, situées en dehors de l'enceinte de l'hôpital et fonctionnant seulement comme vases communicants, sont des cubes de maçonnerie de 1 m. 50 de long sur 1 à 3 mètres de hauteur; à la base viennent aboutir les kaddous d'adduction A et B communiquant avec deux conduites A¹ et B¹ aménagées dans le sens vertical et venant s'ouvrir à la partie supérieure du bloc, deux conduites semblables C¹ D¹ correspondent aux canalisations de départ C et D, les quatre canalisations communiquent entre elles, deux à deux, par deux conduites verticales E et F. L'eau arrivant par A et B pénètre dans les conduites A¹ et B¹, s'élève pour atteindre son équilibre statique et pénètre par les conduites E et F dans les tuyaux C¹, D¹, puis C et D, pour se diriger vers une madda plus éloignée. Il est, dès lors, facile de comprendre que plus la pente est accentuée, plus le niveau de l'eau s'élève dans la madda, on peut ainsi amener l'eau à des distances considérables de son point d'affleurement tout en l'élevant à des hauteurs appréciables, le système n'ayant de limite que la limite de résistance des kaddous souterrains et des maddas les plus éloignées, qui doivent résister à des forces de plus en plus considérables. (Voir planche III, figure 3.)

Dans les maddas fonctionnant comme répartiteur, les conduites d'adduction, ou une des conduites, avant de se jeter dans les canalisations de départ, donnent naissance à une canalisation qui alimente un petit bassin d'où partent autant de canalisations qu'il est nécessaire. La madda située dans l'angle sud-est du jardin des contagieux est construite d'après ce principe, les conduites d'arrivée A et B se continuent par les conduites de départ A¹ et B¹ qui viennent aboutir à la madda située près du pavillon des contagieux après avoir traversé une madda qui fournit de l'eau à la chaudière des contagieux. La conduite A donne, de plus, naissance à une canalisation E qui alimente le bassin F d'où part la double canalisation H¹ qui vient aboutir à la madda située près du pavillon des femmes

(Voir planche VI et planche V, figure 1). Dans cette dernière madda, les deux conduites d'arrivée alimentent le bassin C d'où partent les trois conduites D, E, F, la conduite D amène l'eau au pavillon des femmes, la conduite E au pavillon des dames de France, la conduite F au pavillon des civils et au pavillon des officiers (Voir planche V, planche VI, figure 2).

La madda située près du pavillon des contagieux et qui dessert tout le palais procède du même principe, bien qu'en apparence un peu plus compliquée. L'eau arrive en O, vient se déverser dans le bassin P, l'un des bords du bassin se prolonge par une aire maçonnée légèrement inclinée et dans laquelle est creusée une série de rainures 2, 3, 4, 5, 6 correspondant à autant de tuyaux de départ 2', 3', 4', 5', 6' qui conduisent l'eau dans les différents services, des ouvertures 1, 7, 8 creusées directement dans le bassin communiquent également avec ces canalisations 1', 7', 8' qui conduisent l'eau dans des directions différentes. (Planche IV.)

La canalisation 1 amène l'eau à la cuisine et aux bains. La canalisation 2 alimente la grande vasque située en face le service des blessés, la grande vasque du milieu de la grande cour, un tuyautage branché directement sur elle fournit l'eau à la chirurgie, au filtre Garret-Froment, grand modèle, à la pharmacie et à la bactériologie. Elle alimentait également autrefois les deux bassins de la grande cour aujourd'hui comblés.

La canalisation 3 ne fonctionne pas.

La canalisation 4 alimente la petite vasque située devant le bureau du médecin-chef et dessert ensuite les W.-C. du cercle et les W.-C. des officiers.

La canalisation 5 alimente la vasque située en face le cercle des officiers.

La canalisation 6 alimente les deux vasques de la cour des zouaves. La canalisation 7 alimente le bassin de la cour du cercle. La canalisation 8 alimente le bâtiment occupé autrefois par la T. S. F., la vasque située en face du mess des sous-officiers, la grande vasque située en face du service des fiévreux et les bâtiments occupés autrefois par l'artillerie, l'intendance et les subsistances.

C'est là tout le système d'adduction d'eau potable de l'hôpital; à cela il faut ajouter les deux seguias, dérivations secondaires d'El Bachia, qui traversent les jardins, leur eau n'est jamais employée comme eau de boisson, elle sert comme eau d'irrigation. Il arrive cependant que par suite des agissements des indigènes désireux de se procurer une plus grande quantité d'eau pour l'irrigation des parties cultivées de l'aguedal, l'eau est coupée (ce barrage se fait presque toujours au point Z); on fait alors usage de l'eau de la rethara XXIII qui passe à proximité de l'hôpital dans la petite cour qui fait communiquer la cour de l'abreuvoir et le grand couloir qui conduit au bassin. Cette eau ne recevant aucune dérivation d'El Bachia est presque toujours limpide (plan II).

Résultats analytiques.

Les résultats analytiques de l'eau des retharas XX et XXIII ont été donnés au chapitre des retharas.

Les résultats analytiques de l'eau de la seguia d'El Bachia ont été donnés au chapitre des seguias de dérivation.

Eau de boisson de l'Hôpital Maisonnave.

Eau du bassin de la madda située près du pavillon des contagieux. Cette eau est un mélange de l'eau de la rethara XX et de l'eau de la seguia d'El Bachia.

Temp. air : 17°. — Temp. eau : 21°.

Analyse chimique.

Evaluation de la matière organique en solution acide	1,2
Evaluation de la matière organique en solution alcaline	4,6
Ammoniaque et sels ammoniacaux :	
En Az	0
Azote albuminoïde en Az	0,001
Nitrites en N^2O^3	0
Nitrates en N^2O^5	1
Acide phosphorique en P^2O^5	0

Chlore en Cl	432
Résidu à 110°	530
Résidu après calcination	442
Acide sulfurique en SO ³	34
Silice en SiO ²	19
Chaux en CaO	401
Magnésie en MgO	30
Fer et alumine	3
Degré hydrotimétrique total	23°
Degré hydrotimétrique permanent	10°
Degré alcalimétrique Bonjean en CO ³ CA	200°

Conclusions : Eau non potable.

Analyse bactériologique.

Numération	15.000
Spécification	
Moisissures	3
Bactéries de la putréfaction	0
Coli bacilles	1200
Espèces spirillaires	0

Conclusions : Eau mauvaise.

Ces eaux à minéralisation un peu élevée et fortement polluées, ne peuvent être utilisées comme eau de boisson qu'après épuration. Dans ce but, un filtre Garret-Froment grand modèle est installé dans le local n° 56 bis, l'eau arrive directement dans le récipient supérieur.

Elle est fournie par la canalisation 2 de la madda située près du pavillon des contagieux. Le procédé d'épuration employé est le procédé Lambert (procédé au permanganate). Le filtre fournit 800 litres par jour en hiver, 1.200 litres en été, son débit pourrait être augmenté.

XIII

PROJETS DIVERS.

Tels sont les trois systèmes qui alimentent la ville et ses environs immédiats en eau d'irrigation et en eau potable. Ses ressources sont tout juste suffisantes pour les besoins en eau potable de la ville indigène, de la garnison et de la colonie européenne. Elles sont notoirement insuffisantes si l'on envisage les besoins futurs de la ville européenne et de la garnison, et surtout si l'on envisage une exploitation intensive des environs immédiats. Il a fallu envisager les projets susceptibles de résoudre le problème de l'eau de boisson, problème devenu l'une des principales préoccupations de toutes les grandes agglomérations. Tout d'abord on a satisfait les besoins immédiats :

1° En utilisant les retharas existantes, en augmentant leur débit par des travaux de réfection, en remettant en état des retharas mortes, en les protégeant lorsqu'elles deviennent seguias contre les détournements frauduleux;

2° En utilisant les seguias de dérivation, en augmentant leur débit par une surveillance plus active et une répression sévère des multiples détournements commis en cours de route;

3° En creusant de nouveaux puits dans les zones pauvres en retharas, surtout dans la région occupée par les camps militaires.

Mais ce ne sont là que des moyens de fortune, le problème n'est pas résolu, l'eau obtenue n'est qu'une eau suspecte et ne peut être consommée qu'après épuration, sauf par les in-

digènes qui semblent avoir acquis une sorte d'immunisation contre les épidémies d'origine hydrique. Les travaux publics devront étudier d'autres projets. Nous allons examiner les divers projets possibles :

1° LES PUIITS. — Nous n'insisterons pas sur la possibilité d'utiliser les puits. Depuis longtemps il est reconnu qu'ils sont trop facilement contaminables. Dans les agglomérations importantes, à Paris et à Bordeaux par exemple, leur usage est rigoureusement interdit;

2° LES RETHARAS. — La construction de retharas nouvelles avec périmètre de protection et canalisations couvertes ne donnerait qu'une eau suspecte, la nappe phréatique étant contaminée;

3° LES SEGUIAS DE DÉRIVATION. — Ici, nous nous heurtons à des difficultés d'ordre économique. On ne peut songer à capter uniquement pour les besoins en eau potable l'eau d'un oued de l'Atlas. L'eau au Maroc a tout d'abord une valeur agricole et l'on doit organiser l'irrigation, l'eau d'irrigation ayant au point de vue matériel au moins autant d'importance que l'eau de boisson. Sans eau, pas de culture; l'eau est rare et précieuse, il faut l'utiliser le plus possible. Au pied de l'Atlas, en effet, commencent les cultures irriguées. Cette zone d'irrigation a une longueur de 300 kilomètres environ sur une largeur de 35 à 45; elle commence vers l'oued Chichaoua, à 70 kilomètres de la côte et s'étend jusqu'à Boujad dans le Tadla. On utilise pour cette irrigation les eaux de surface et les eaux souterraines, tout le pied au nord de l'Atlas est occupé par une zone de jardins et vergers qui utilisent ces eaux. Les cultures irriguées s'étendent en terrasses de chaque côté des vallées, des champs étroits et soutenus par de petits murs s'étagent au-dessous des canaux d'irrigation sur une largeur de 300 à 400 mètres et souvent moins. La plaine de Marrakech est le centre de cette région irriguée, les cultures s'étendent de Sidi Rahal à Marrakech sur la rive gauche du Tensift et de ses affluents sur une longueur de 45 kilomètres et une largeur de 5 à 10. Tout projet devra tenir compte de ces considérations,

qu'il s'agisse de capter les émergences qui naissent au pied de l'Atlas, entre autres celles signalées par le médecin-major Gueytat sur le cours supérieur de l'oued Réraia entre Tahagnaout et Tamerort, en particulier dans la région comprise entre Foug el Keneg et Asalka ou dans la haute vallée de l'Iminan, mais en se souvenant que les émergences ne sont pures qu'à l'état de source surtout des terrains arénacés et détritiques à nappes d'interstice, mais qu'en général leur débit est faible ou moyen; ou bien qu'il s'agisse de capter un des grands oueds à leur entrée dans la plaine, mais l'oued Tensift et ses affluents sont déjà épuisés par l'irrigation des vallées qu'ils traversent. De tous les torrents du Haut-Atlas, seuls le Réraia, l'Ourika et le N'fis ont encore un peu d'eau à la fin de l'été. D'après les travaux de M. Paul Penet, en mai 1917, l'oued Reraia avait un débit de 4 mètres cubes par seconde dans les gorges de Moulay-Ibrahim, et au mois de juillet suivant au même point 1 mètre cube. De plus, le Maroc est une contrée à pluie rare : la moyenne annuelle à Marrakech est de 271 millimètres, 71 seulement en 1913. Il y a un peu plus d'eau qu'en Algérie (1), mais beaucoup moins qu'en France, et l'Atlas donne par kilomètre carré le tiers environ de la quantité fournie par les Alpes pour une même surface. Au cours d'une année pluvieuse, le Réraia semble donner comparativement trois fois moins d'eau qu'un courant des Alpes. Dans les années sèches, son débit peut tomber à zéro sur quelques points de son parcours. La structure de la montagne, les conditions de ruissellement, les infiltrations dans les calcaires qui vont alimenter la nappe phréatique de la plaine, l'évaporation rapide sous l'influence des vents chauds expliquent cette pénurie d'eau. De plus, certains oueds sont inutilisables, tels l'oued Rdar, dont les basses eaux sont fortement salées, et l'oued Imarhiren, dont les eaux sont saumâtres. Peut-être y aurait-il un projet intéressant à étudier, celui de l'utilisation des eaux du lac Ifni, situé dans la montagne à 3.600 mètres d'altitude, à 50 kilomètres environ à vol d'oiseau

(1) D'après le service des Ponts et Chaussées.

de Marrakech, à peu près à la ligne de partage des eaux. Il aurait une surface de 25 hectares, une profondeur considérable et serait situé dans une zone déserte. Les lacs semblent en effet les meilleurs producteurs d'eau potable; d'après les travaux de Massol, il existerait une zone exempte de bactéries au centre du lac Léman (38 bactéries par centimètre cube, au lieu de 150.000 par centimètre cube sur les bords).

La Direction générale des travaux publics a étudié divers projets; elle avait cru possible de s'alimenter à une nappe artésienne; trois sondages effectués dans le voisinage immédiat de la ville n'ont donné aucun résultat. Elle vient de reprendre pour l'alimentation de la ville européenne le projet qui utilise les retharas; l'eau sera puisée dans une série de puits creusés à quelques kilomètres au sud-est de la ville et envoyée sous pression dans des canalisations étanches.

CONCLUSIONS

Nous avons essayé de répondre avec le plus de précision possible aux différentes questions posées au début de cette étude : ressources en eau de la région, potabilité, recherche d'une nappe non contaminée, différents projets envisagés, mais ce travail n'a pas la prétention d'avoir résolu intégralement le problème des eaux de la région de Marrakech.

La possibilité d'utiliser une eau pour l'alimentation est subordonnée à une foule de conditions dont on doit tenir compte dans chaque cas particulier; c'est d'après l'ensemble des résultats fournis par l'examen des propriétés physiques (les caractères organoleptiques, limpidité, fraîcheur, goût, odeur ont une importance pratique bien supérieure à celle de la composition chimique, abstraction faite du danger bactérien), par l'analyse chimique, bactériologique, micrographique, par l'étude géologique des terrains traversés, par la topographie de la région, la connaissance des causes de pollution, la détermination du pouvoir filtrant et nitrifiant du sol, que l'on arrive à établir souvent non sans difficulté si une eau peut être livrée à la consommation.

Dans le cas présent, cette étude est trop incomplète pour nous permettre de conclure; les chiffres trouvés à une première analyse peuvent, sous certaines influences, subir des variations notables, mais il apparaît cependant que la nappe phréatique qui donne naissance aux puits et aux retharas est souillée, l'eau des seguias l'est également, les analyses bactériologiques exécutées en 1921 par M. le médecin-major Chambelland et qui portent sur 33 échantillons d'eaux sont venues confirmer cette hypo-

thèse. Nous pouvons donc affirmer que cette étude nous permet de classer, au moins momentanément, les eaux de Marrakech parmi les eaux mauvaises.

Quand on a le choix d'une eau, la question de pureté permanente s'impose avant tout, mais ici il n'y a pas possibilité de choisir, on a besoin de toute cette eau, quelle que soit son origine; dans ces conditions, l'épuration s'impose. Parmi les procédés envisagés, deux seuls ont été retenus : le chlore et le permanganate. Le chlore, qui est des procédés le plus simple et le plus efficace, n'a pas été retenu, car le chlore n'agit pas sur la turbidité et ne modifie ni la couleur ni le goût; or, après les pluies, les eaux de seguias et les eaux de retharas, le plus souvent mélangées d'eau de surface, roulent une eau rougeâtre et limoneuse; la seule épuration vraiment efficace dans ce cas est celle au permanganate. C'est le procédé Georges Lambert qui a été employé; ce procédé utilise deux poudres :

La poudre n° 1, poudre oxydante, à base de permanganate de potasse, de bioxyde de manganèse, de carbonate de chaux et de talc en poudre; la poudre n° 2, poudre réductrice, à base d'hyposulfite de soude et de talc.

Grâce à son action oxydante, le permanganate de potasse, à la dose de 0 gr. 06 pour un litre d'eau, brûle rapidement les matières organiques et les bactéries de l'eau; l'hyposulfite de soude à la même dose réduit l'excès de permanganate en le transformant en hydrate de sesquioxyde de manganèse colloïdal qui reste en solution dans l'eau.

Le bioxyde de manganèse, le talc et le carbonate de chaux ont été ajoutés dans le but de faciliter la coagulation de l'oxyde de manganèse en solution colloïdale; ils jouent le rôle d'adjuvants insolubles de coagulation.

~ L'oxyde de manganèse entraîne en se coagulant les particules solides de toutes natures en même temps que les germes morts.

Après filtration sur un simple tampon de coton hydrophile, l'eau est absolument limpide et incolore, elle n'a pas changé de saveur et n'a subi qu'une modification insignifiante de composition chimique.

Il est nécessaire de laisser la poudre oxydante Lambert agir

au moins pendant dix minutes, avant de détruire l'excès de permanganate par l'hyposulfite de soude.

Le procédé Lambert offre le double avantage de fixer exactement pour toutes les eaux la dose de produit à employer et de supprimer la nécessité de posséder un filtre d'une constitution spéciale.

Dans le procédé primitif de Georges Lambert, les poudres oxydantes et réductrices se correspondent volume à volume et peuvent être mesurées à l'aide d'une même cuiller en bois que chaque homme porte dans un nécessaire dit « nécessaire d'eau », avec 50 grammes de chacune des deux poudres :

Poudre oxydante n° 1 (Quantité nécessaire pour 2 litres d'eau).	{	Permanganate de potasse ..	0 gr. 12
		Bioxyde de manganèse	0 gr. 10
		Talc en poudre	0 gr. 74
		Carbonate de chaux	0 gr. 04
			1 gr. »
Poudre oxydanté n° 2 (Quantité nécessaire pour 2 litres d'eau).	{	Hyposulfite de soude	0 gr. 12
		Talc en poudre	0 gr. 88
			1 gr. »

Le pharmacien principal Froment a modifié les formules de ces deux poudres de façon qu'elles puissent se comprimer facilement; les doses de permanganate et d'hyposulfite de soude sont restées les mêmes, mais il a dû ajouter du carbonate de soude et réduire la proportion de talc.

L'addition de carbonate de soude ne peut qu'augmenter l'action bactéricide du permanganate de potasse et accélérer, comme le fait le talc, la coagulation de l'hydrate de sesquioxysde de manganèse colloïdal.

Les poudres modifiées ont respectivement les formules suivantes :

Poudre oxydante n° 1 (Quantité nécessaire pour 2 litres d'eau).	{	Permanganate de potasse ..	0 gr. 12
		Bioxyde de manganèse	0 gr. 10
		Talc	0 gr. 14
		Carbonate de chaux	0 gr. 04
		Carbonate de soude	0 gr. 10
			0 gr. 50

Poudre oxydante n° 2. (Quantité nécessaire pour 2 litres d'eau).	{	Hyposulfite de soude	0 gr. 12
		Carbonate de chaux	0 gr. 04
		Talc	0 gr. 24
		Carbonate de soude	0 gr. 10
			0 gr. 50

Elles peuvent se comprimer facilement. La première donne des comprimés bruns, la deuxième des comprimés blancs. Ces comprimés contiennent sous le poids de 0 gr. 50, 0 gr. 12 de permanganate de potasse et 0 gr. 12 d'hyposulfite de soude, ils se dissolvent facilement et offrent tous les avantages que peuvent offrir les comprimés sur les poudres.

MODE D'EMPLOI. — Mettre un comprimé de la poudre n° 1 dans deux litres d'eau, agiter; laisser en contact dix minutes.

Ajouter ensuite un comprimé de la poudre n° 2, agiter et filtrer.

Le filtre utilisé est le filtre imaginé par le médecin-major Garret, modifié par le pharmacien principal Froment; il se compose d'un cylindre en tôle galvanisée auquel fait suite un tronc de cône renversé, muni à son extrémité d'une ampoule et terminé par un petit cylindre qui sert de goulot. A l'intérieur, se placent deux disques perforés qui servent à comprimer une nappe de coton hydrophile qui sert de filtre. Un tampon de coton placé dans l'ampoule terminale complète la filtration. Ce modèle, dit filtre d'escouade, a une contenance de 2 litres; il existe d'autres modèles de 10, 25 et 50 litres pour unités plus importantes. (Pl. VIII, fig. 1 et 2.)

Ce procédé a d'ailleurs fait ses preuves; dans les corps de troupe, où les ordres sont excessivement sévères et les prescriptions touchant la stérilisation rigoureusement observées, les cas de dysenterie amibienne et les épidémies d'origine hydrique sont plutôt rares; ces cas deviennent très fréquents dès qu'on s'écarte tant soit peu de cette règle absolue de l'épuration avant consommation; c'est ainsi qu'un infirmier contracta la dysenterie amibienne pour avoir mangé une grappe de raisin mise à rafraîchir, au préalable, dans une vasque de l'hô-

pital; qu'un soldat du 139^e territorial fut atteint pour avoir bu une seule fois de l'eau limpide et courante aux portes mêmes de la ville.

En résumé, ce travail a pour but de constituer pour les eaux de Marrakech un point de départ, pour la détermination avec toute la précision possible, de leur origine géologique, de leur périmètre de surveillance, de leur composition chimique et bactérienne. Ce n'est qu'après des analyses nombreuses qu'on pourra constituer pour ces eaux le dossier précis fixant leur valeur alimentaire, le taux minimum et maximum de leurs éléments et germes qu'elles renferment, dossier qui sera plus tard la base solide qui permettra leur surveillance.

Une autre conclusion à tirer de ces résultats, c'est qu'en toute saison les eaux du Maroc sont dangereuses, surtout les eaux de seguias de dérivation, des oueds et des puits aux abords des agglomérations, et qu'en toute circonstance la stérilisation s'impose aux Européens.

VU : *Le Doyen,*
C. SIGALAS.

VU, BON A IMPRIMER :
Le Président,
A. LABAT.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :
Bordeaux, le 14 mai 1925.
Le Recteur de l'Académie,
F. DUMAS.



VUE GÉNÉRALE DE MARRAK



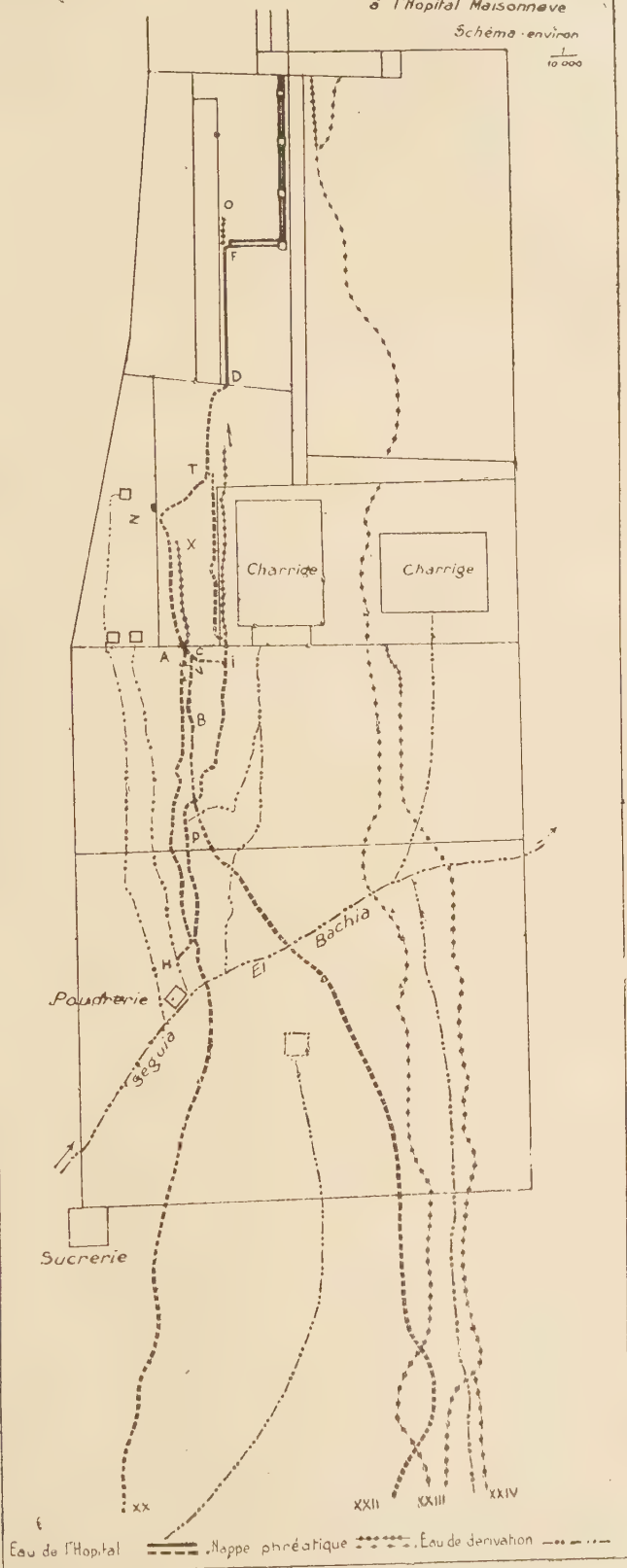
L'AGUEDAL. — HOPITAL MAISONNAVE. — PARALLÈLE DU MUR D'ENCEINTE UNE RETIARA.

Pl. II

Adduction d'eau
à l'Hôpital Maisonneuve

Schéma - environ

$\frac{1}{10\,000}$



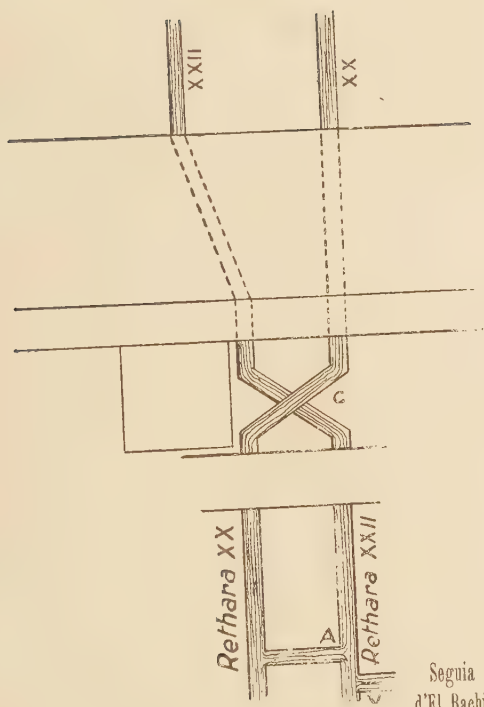


FIG. 1.

Segnia
d'El Baehia

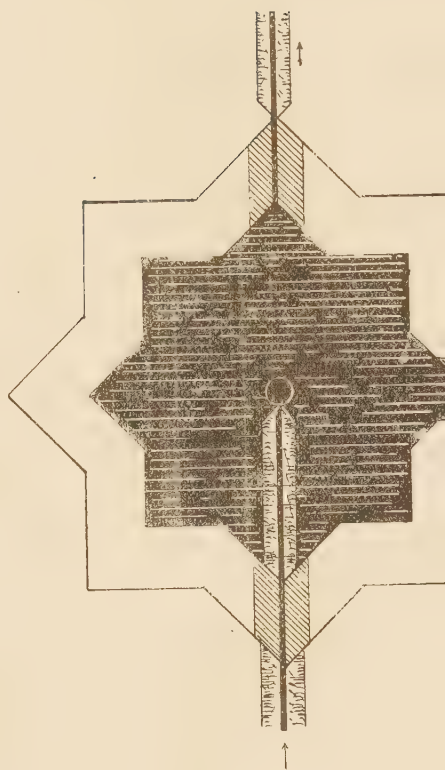
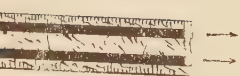


FIG. 2.

Fig. 2



Bassin F

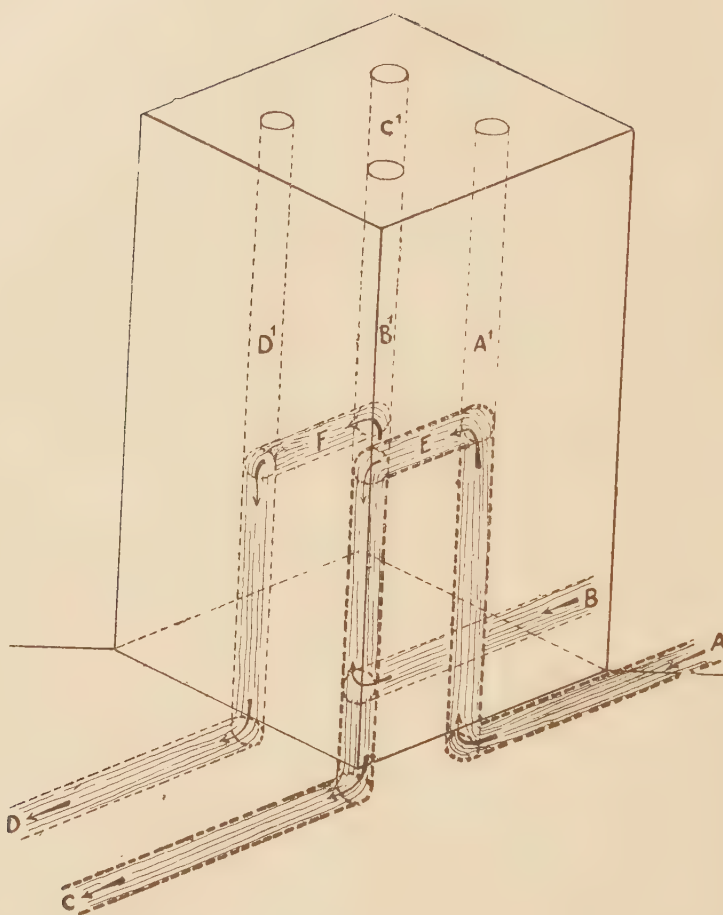
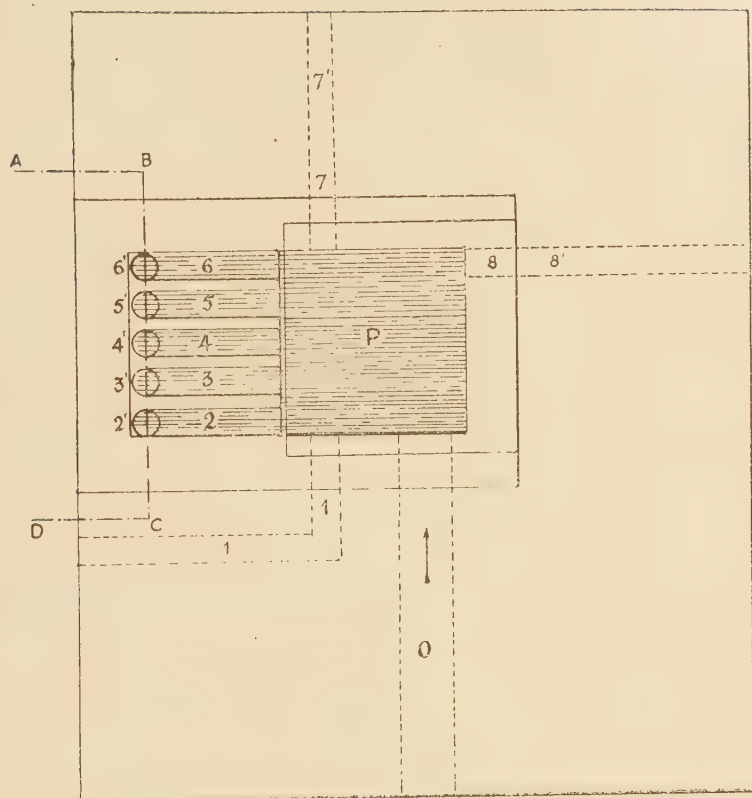


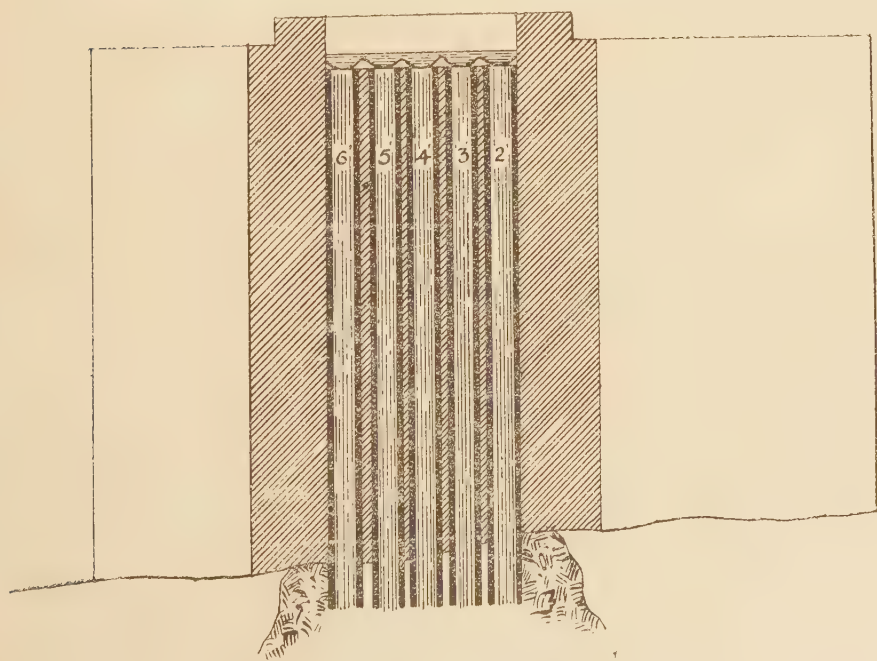
FIG. 3.

Madda Plan

Pl. IV



Coupe ABCD



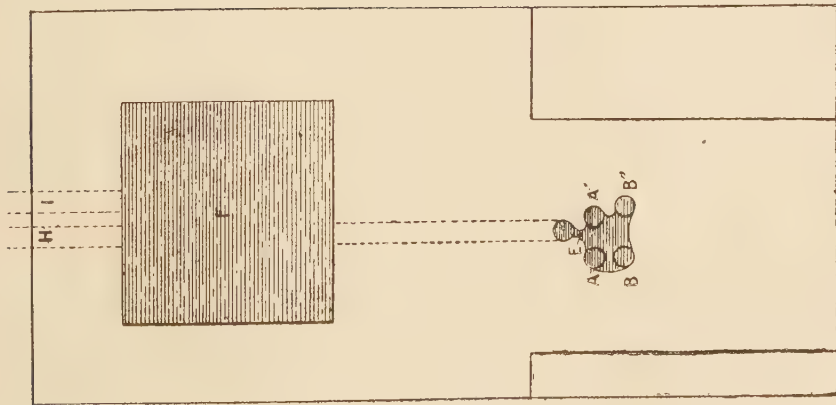


fig 1

*Coupe de l'un des
Kaddous montrant
l'ouverture les
faisant communi-
quer avec le bassin.*

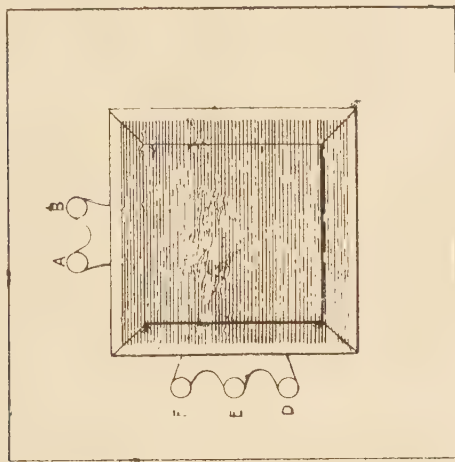


fig. 2



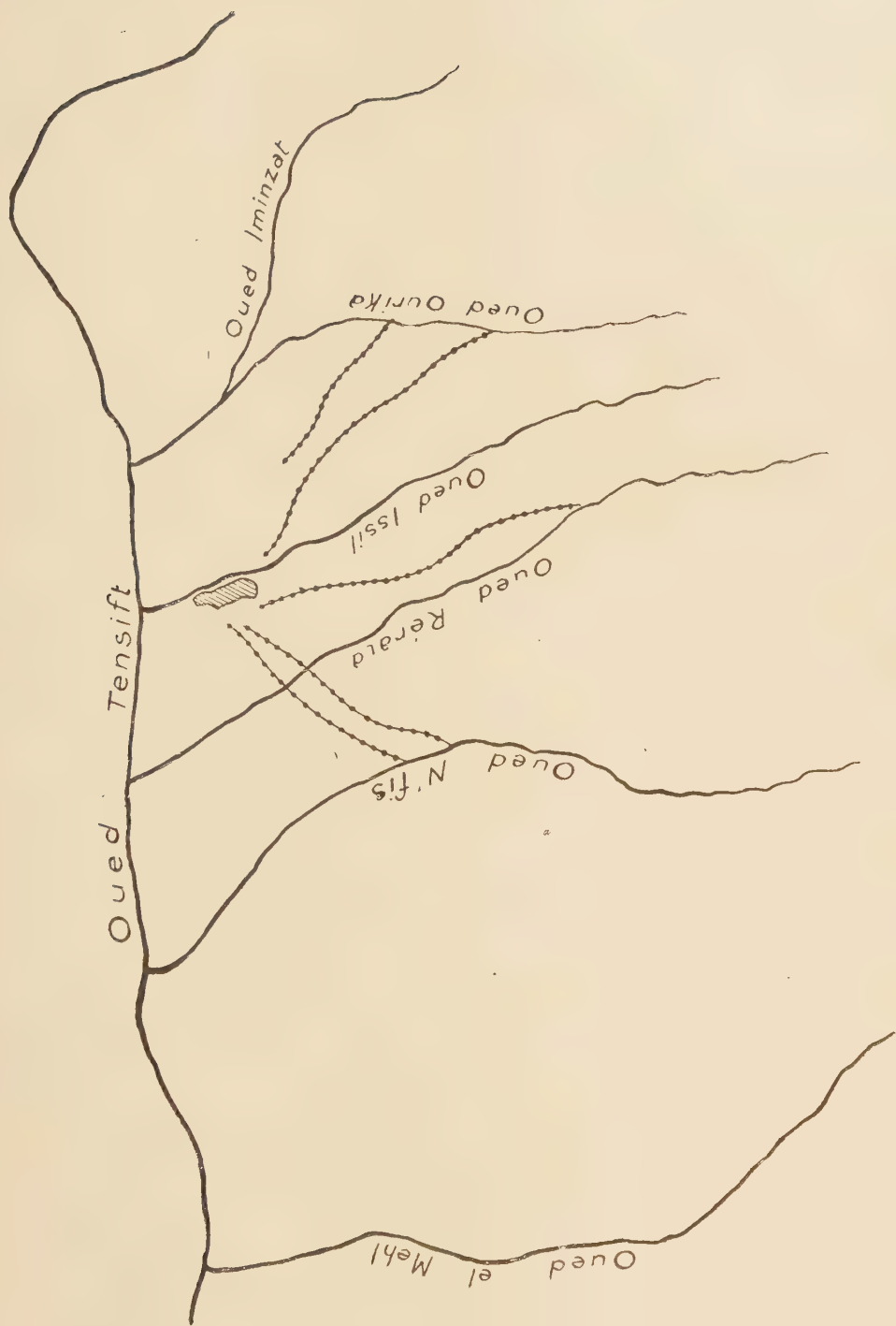
Schéma d'une réthara.

PL. VI.



- A. Sol
- B. Nappe phréatique
- D. Puits de réthara
- E. Seguis de réthara







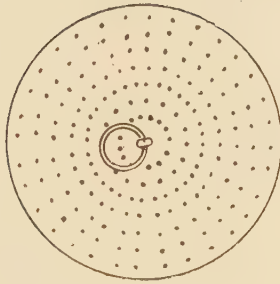


FIG. 1.

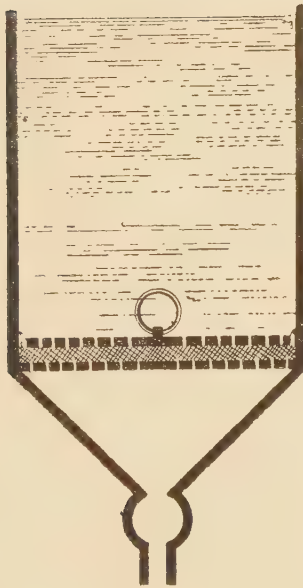
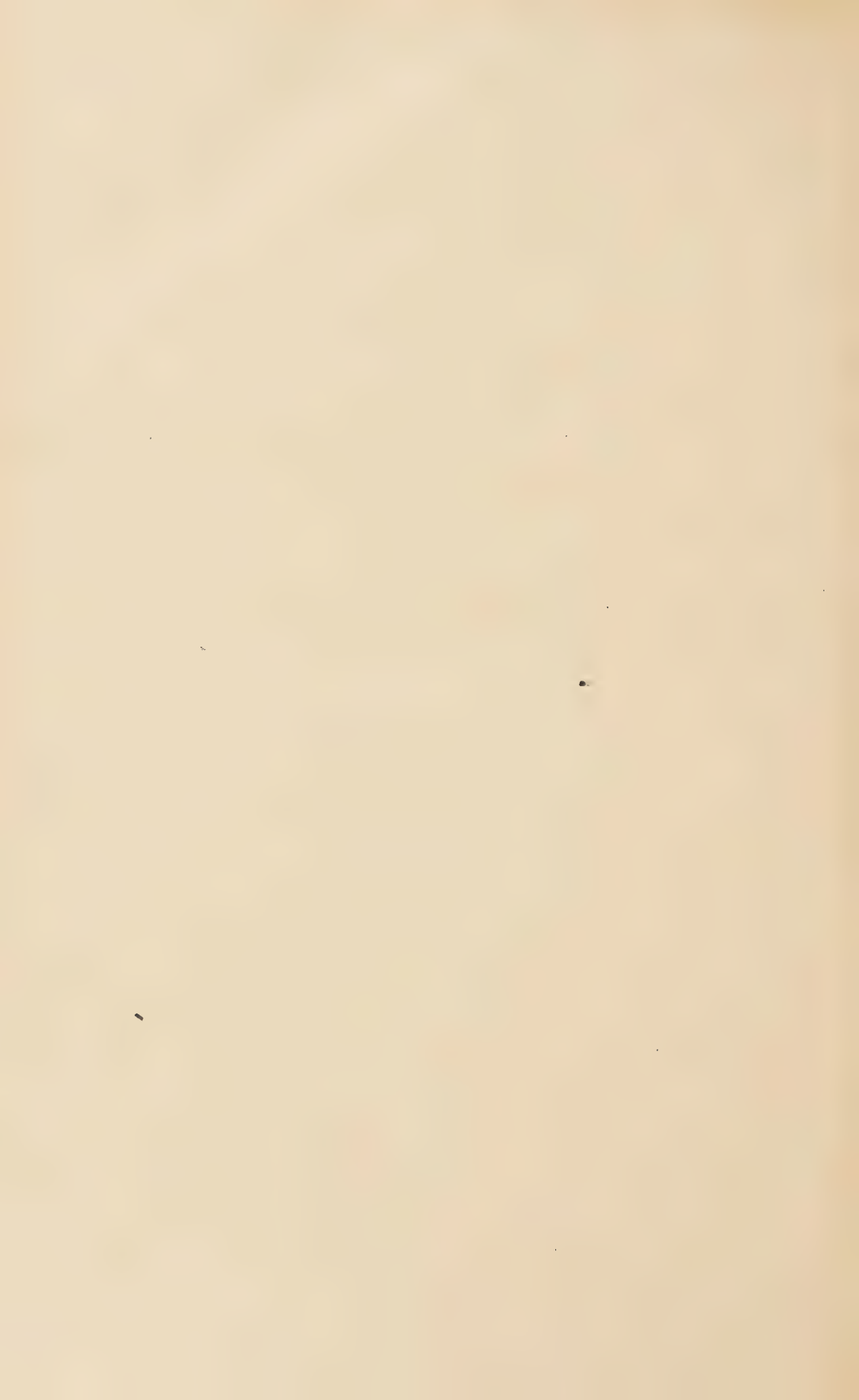


FIG. 2.



BIBLIOGRAPHIE

- FOUCAULD (DE). — Reconnaissance au Maroc. In-4°, Paris, 1888.
- SEGONZAC (DE). — Au cœur de l'Atlas. Paris, 1910.
- BRIVES (A.). — Voyages au Maroc. In-8°, Alger, 1909.
- GENTIL (L.). — Le Maroc physique. In-8°, Paris, 1912.
- PERRIGNY (DE). — Marrakech et les ports du Sud. Paris, 1918.
- BERNARD (A.). — Le Maroc. Paris, 1921.
- PIQUET (Vict.). — Le Maroc. Paris, 1920.
- CHEVRILLON (A.). — Marrakech dans les palmes.
- PENET (P.). — Les richesses hydrauliques du Maroc occidental. Bar-sur-Aube, 1918.
- LAUNAY (DE), MARTEL (A.), BONJEAN (Ed.), OGIER (J.). — Le sol et l'eau.
- DIENERT (F.). — Eaux douces et eaux minérales. Paris, 1913.
- GUILLERD. — Notions d'hydrologie appliquée à l'hygiène, 1923.
- PECKER (A.). — L'indice de chlore. Thèse de pharmacie, Paris.
- GUEYTAT. — Les adductions d'eau de la ville de Marrakech. *Archives de médecine et de pharmacie militaires*, mai 1914 (en partie inédite).
- ROCHAIX (A.). — L'importance et la conduite de l'expertise bactériologique pour la surveillance des eaux d'alimentation des villes. *Bull. sc. pharm.*, nos 8-9, 1924.
- MOUGNEAU (Dr R.). — Notes sur la dysenterie, et plus particulièrement sur l'étiologie et le traitement de la dysenterie amibienne dans la région de Marrakech. *Gaz. des sc. méd. de Bordeaux*, février 1918.
- CHAMBELLAND (A.-R.). — Étude des eaux d'alimentation et d'irrigation de la plaine de Marrakech (inédit).

